



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Doutorado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

PABLO RODRIGO DE OLIVEIRA SILVA

**CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO SOB CONDIÇÕES DE
REPOUSO, EXERCÍCIO E PÓS-EXERCÍCIO EM INDIVÍDUOS COM
LESÃO MEDULAR: UM ESTUDO OBSERVACIONAL DO TIPO
SECCIONAL**

RIO DE JANEIRO

2020

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e de pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e

Informação – SBI – UNISUAM

612.8 Silva, Pablo Rodrigo de Oliveira

S586c Controle autonômico cardíaco sob condições de repouso, exercício e pós

-

exercício em indivíduos com lesão medular : um estudo observacional do tipo seccional / Pablo Rodrigo de Oliveira Silva. Rio de Janeiro, 2020.

253 p.

Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação). Centro
Universitário Augusto Motta, 2020.

1. Sistema Nervoso autônomo. 2. Exercício Físico. 3. Tetraplegia. 4. Paraplegia. 5. Reabilitação. I. Título.

CDD 22.ed.

PABLO RODRIGO DE OLIVEIRA SILVA

**CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO SOB CONDIÇÕES DE
REPOUSO, EXERCÍCIO E PÓS-EXERCÍCIO EM INDIVÍDUOS COM
LESÃO MEDULAR: UM ESTUDO OBSERVACIONAL DO TIPO
SECCIONAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Reabilitação no Esporte e no Esporte Adaptado

Orientador: Patrícia dos Santos Vigário

RIO DE JANEIRO

2020

PABLO RODRIGO DE OLIVEIRA SILVA

**CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO SOB CONDIÇÕES DE
REPOUSO, EXERCÍCIO E PÓS-EXERCÍCIO EM INDIVÍDUOS
COM LESÃO MEDULAR: UM ESTUDO OBSERVACIONAL DO
TIPO SECCIONAL**

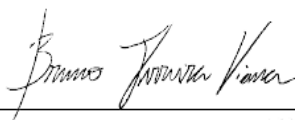
Examinada em: 29/09/2020



ORIENTADOR(A) Prof. Dra. Patrícia dos Santos Vigário
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Agnaldo José Lopes
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Bruno Ferreira Viana
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Felipe Amorim da Cunha
Universidade do Estado do Rio de Janeiro -UERJ



Prof. Dra. Tainah de Paula Lima
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

RIO DE JANEIRO

2020

Primeiramente, dedico ao meu Deus, ao Senhor da minha vida, por esta realização, por este sonho que o Senhor tornou realidade. À Ele toda honra e toda glória!
Aos meus pais, Elcio e Helena, que sempre foram exemplos de pessoas e me apoiaram em todos os momentos da minha vida.

Agradecimentos

Agradeço a minha orientadora, Prof. Dra. Patrícia Vigário, por todo tempo, ensinamentos, paciência, orientação e dedicação dispensados para elaboração desta tese. Por liderar o grupo que tenho o privilégio de participar. A contribuição substancial para minha formação acadêmica desde o mestrado, mesmo antes de sua contratação. O Doutorado acaba, mas a parceria e amizade, jamais!

Aos companheiros de laboratório que se se tornaram grandes amigos, Jeter, Joelson, Julia, Kátia, Pati, Roberto e Romulo. Sempre estiveram dispostos a ajudar no que for preciso com o máximo de atenção e carinho.

Aos meus irmãos, Marcela e Alexandre, por toda dedicação e apoio familiar em toda minha vida.

Aos professores do Programa de Ciências da Reabilitação da UNISUAM pelos ensinamentos e contribuições feitas desde bate papo informal às disciplinas cursadas.

Ao Professor Dr. Felipe Cunha, que esteve presente desde a elaboração do projeto mostrando os caminhos e tirando dúvidas (foram muitas!). Sempre disposto a ajudar pensando na excelência da pesquisa.

Aos alunos de iniciação científica que ajudaram nas coletas de dados e preenchimento de planilhas e mais planilhas, Carol, Iuli, Italo, Rayana e Romulo.

Aos professores e amigos que sempre me foram exemplos de profissionais e muito aprendi: Angelo Soares, Anderson Alarcão, Robson Simões, Paulo Carnaval e José Henrique.

Aos amigos e companheiros, Guilherme Fonseca e Ricardo Cordeiro, pela troca de conhecimento, que facilitaram muito para o entendimento do assunto da tese.

Aos participantes da pesquisa que sempre estiveram dispostos a ajudar. Acordando de madrugada para as avaliações, pelas trocas de experiências e pelos momentos divertidos que passamos no laboratório e apresentação de resultados.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

Ayrton Senna

Resumo

Introdução: Indivíduos com lesão medular (LM), sobretudo lesões altas, apresentam alterações no controle autonômico cardíaco resultando, por exemplo, em menor frequência cardíaca máxima. O melhor conhecimento dos aspectos fisiológicos de indivíduos com LM é fundamental para a estruturação mais adequada da rotina de treinamento com exercícios físicos de modo a propiciar um melhor estado geral de saúde. O objetivo geral do estudo foi avaliar o controle autonômico cardíaco em repouso, durante um teste de esforço progressivo máximo e imediatamente após o esforço em indivíduos com LM, comparando-os com indivíduos sem LM. **Métodos:** Foi realizado um estudo seccional com 09 indivíduos com tetraplegia, 08 com paraplegia e 10 sem LM (grupo controle). O controle autonômico cardíaco foi investigado por meio da análise de índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) obtidos por meio do eletrocardiograma (ECG) e do cardiofrequencímetro. Para a análise em repouso, os participantes ficaram sentados, durante 10 minutos, no período da manhã. Em seguida, foi realizado um teste cardiopulmonar de esforço (TCPE) máximo, em um cicloergômetro para membros superiores, com intensidade crescente, seguido por um período de recuperação passiva de 10 minutos, na posição sentada. Para a comparação entre os grupos foi realizado o teste de Kruskal-Wallis (quando constatada diferença significativa empregou-se o teste U de Mann Whitney). A validade dos índices de VFC (ECG *versus* TCPE e ECG *versus* frequencímetro) foi verificada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intraclasse e da abordagem gráfica de Altman e Bland. A relação entre os índices de repouso da VFC com o rMSSD durante a recuperação foi analisada pelo teste de Spearman. Utilizamos o teste de Friedman para análise da reativação parassimpática intragrupo nos momentos pós TCPE. O nível de significância estatística foi de 5% (SPSS 20.0). **Resultados:** A concordância entre limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) e o primeiro limiar ventilatório (LV₁) mostrou ICC de 0,908 para o VO₂ nos tetraplégicos, já a concordância entre o ECG e o cardiofrequencímetro mostraram valores de ICC entre 0,850 e 0,952 para o VO₂ nos grupos com LM. A relação entre os índices da VFC e a reativação parassimpática se mostraram significativamente positivas para os índices HF (0,77 a 0,94, p<0,05). e rMSSD (0,68 a 0,96, p<0,05). **Conclusão:** Foram encontradas concordância entre o LiVFC e LV₁, assim como o cardiofrequencímetro se mostrou válido para identificar o LiVFC. A reativação parassimpática parece ser influenciada pelos índices da VFC em repouso.

Palavras-chave: sistema nervoso autônomo; exercício físico; tetraplegia; paraplegia; reabilitação.

Abstract

Introduction: Individuals with spinal cord injury (SCI), especially in high injuries, show changes in cardiac autonomic control resulting, for example, in lower maximum heart rate. The best knowledge of the physiological aspects of individuals with SCI is fundamental for the most adequate structuring of the training routine with physical exercises in order to provide a better general health status. The general objective of the study was to evaluate cardiac autonomic control at rest, during a test of maximum progressive effort and immediately after effort in individuals with SCI, comparing them with individuals without SCI. **Methods:** A sectional study was carried out with 09 individuals with quadriplegia, 08 with paraplegia and 10 without SCI (control group). The cardiac autonomic control was investigated through the analysis of heart rate variability (HRV) indexes obtained through the electrocardiogram (ECG) and the cardiofrequencymeter. For the analysis at rest, the participants sat for 10 minutes in the morning. Then, a maximum cardiopulmonary exercise test (CPET) was performed on a cycle ergometer for upper limbs, with increasing intensity, followed by a passive recovery period of 10 minutes, in the sitting position. For comparison between groups, the Kruskal-Wallis test was performed (when a significant difference was found, the Mann Whitney U test was used). The validity of HRV indices (ECG versus CPET and ECG versus cardiofrequencymeter) was verified by calculating the intraclass correlation coefficient and using Altman and Bland's graphical approach. The relationship between HRV rest indexes and rMSSD during recovery was analyzed by Spearman's test. We used the Friedman test to analyze intra-group parasympathetic reactivation in the moments after CPET. The level of statistical significance was 5% (SPSS 20.0). **Results:** The agreement between heart rate variability threshold (LiVFC) and the first ventilatory threshold (LV1) showed an ICC of 0.908 for VO₂ in quadriplegics, whereas the agreement between ECG and cardiofrequency meter showed ICC values between 0.850 and 0.952 for VO₂ in groups with SCI. The relationship between HRV indices and parasympathetic reactivation was significantly positive for HF indices (0.77 to 0.94, $p < 0.05$). and rMSSD (0.68 to 0.96, $p < 0.05$). **Conclusion:** Agreement was found between LiVFC and LV1, just as the cardiofrequency meter was found to be valid to identify LiVFC. Parasympathetic reactivation seems to be influenced by the HRV indices at rest.

Keywords: autonomic nervous system; exercise; quadriplegia; paraplegia; rehabilitation.

Lista de Ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Mapa para classificação da Escala ASIA | 24 |
| Figura 2 – Posicionamento da máscara, pneumotacógrafo, cinta do cardiofrequencímetro e eletrodos durante a realização do teste | 61 |
| Figura 3 – Aspecto visual do repouso no <i>software</i> Kubios | 63 |
| Figura 4 – Aspecto visual do <i>software</i> Kubios durante e após o TCPE | 64 |

Lista de Quadros e Tabelas

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Classificação da lesão medular de acordo com a sensibilidade e motricidade proposta pela <i>American Spinal Injury Association</i> – ASIA | 25 |
| Quadro 2 – Parâmetros da VFC no domínio do tempo | 33 |
| Quadro 3 – Índices geométricos mais utilizados no domínio do tempo | 34 |
| Tabela 1: Estudos sobre controle autonômico através da variabilidade da frequência cardíaca em pessoas com lesão medular | 37 |
| Tabela 2 – Estudos envolvendo o LiVFC em diferentes populações e desfechos | 43 |

Lista de Abreviaturas e Siglas

- ACSM – *American College of Sports and Medicine*
- AF – Atividade física
- ASIA – *American Spinal Injury Association*
- Bpm – Batimentos por minuto
- CAC – Controle autonômico cardíaco
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CO₂ – Dióxido de carbono
- ECG – Eletrocardiograma
- FC – Frequência cardíaca
- FCmáx – Frequência cardíaca máxima
- HF – *High Frequency*
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC – Intervalo de confiança
- ICC – Coeficiente de Correlação Intraclasse
- IMC – Índice de massa corporal
- IPC – *International Paralympic Committée*
- iR-R – Intervalo R-R
- ISAK – *International Society for Advancement in Kinanthropometry*
- IWRF – *International Wheelchair Rugby Federation*
- LF – *Low Frequency*
- LiVFC – Limiar da variabilidade da frequência cardíaca
- LM – Lesão medular
- LV₁ – Primeiro limiar ventilatório
- MCT – Massa Corporal Total
- O₂ – Oxigênio
- OMS – Organização Mundial da Saúde
- PA – Pressão Arterial
- PAF – Perfuração por arma de fogo
- PNN50 – *Percentage of adjacent NN intervals*
- R – Quociente respiratório
- rMSSD – *Root Mean Square of the successive Differences*
- SD1 – *Standard deviation 1*

SD2 – *Standard deviation 2*

SDANN – *Standard deviation of averages NN*

SDNN – *Standard deviation of NN*

SDNNi – *Standard deviations of all the NN intervals*

SNA – Sistema nervoso autônomo

TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido

TCPE – Teste Cardiopulmonar de Esforço

VCO₂ – Consumo de dióxido de carbono

VE – Ventilação Pulmonar

VFC – Variabilidade da frequência cardíaca

VLf – *Very low frequency*

VO₂ – Consumo de oxigênio

VO₂ máx – Consumo máximo de oxigênio

VO₂ pico – Pico do consumo de oxigênio

VPA – Variabilidade da pressão arterial

w – Watts

WHO – *World Health Organization*

Δ – Delta

Sumário

| | |
|---|-------------------|
| <u>Agradecimentos</u> | <u>VI</u> |
| <u>Abstract</u> | <u>IX</u> |
| <u>Lista de Ilustrações</u> | <u>X</u> |
| <u>Lista de Quadros e Tabelas</u> | <u>XI</u> |
| <u>Lista de Abreviaturas e Siglas</u> | <u>XII</u> |
| <u>Capítulo 1 Revisão de Literatura</u> | <u>17</u> |
| 1.1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.2 A LESÃO MEDULAR: CONCEITOS, EPIDEMIOLOGIA, CAUSAS E REPERCUSSÕES GERAIS | 22 |
| 1.3 ALTERAÇÕES CARDIOVASCULARES NA LESÃO MEDULAR | 27 |
| 1.4 O SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO E O CONTROLE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA | 29 |
| 1.5 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO | 32 |
| 1.6 A PRÁTICA DE EXERCÍCIOS FÍSICOS ENTRE PESSOAS COM LESÃO MEDULAR | 51 |
| 1.7 JUSTIFICATIVAS | 54 |
| 1.7.1 RELEVÂNCIA PARA AS CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO | 54 |
| 1.7.2 RELEVÂNCIA PARA A AGENDA DE PRIORIDADES DO MINISTÉRIO DA SAÚDE | 55 |
| 1.7.3 RELEVÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL | 56 |
| 1.8 OBJETIVOS | 56 |
| 1.8.1 PRIMÁRIO/GERAL | 56 |
| 1.8.2 SECUNDÁRIOS/ESPECÍFICOS | 56 |
| 1.9 HIPÓTESES | 57 |
| <u>Capítulo 2 Participantes e Métodos</u> | <u>58</u> |
| 2.1 ASPECTOS ÉTICOS | 58 |
| 2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO | 58 |
| 2.2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO | 58 |
| 2.3 AMOSTRA | 58 |
| 2.3.1 LOCAL DE RECRUTAMENTO DO ESTUDO | 58 |
| 2.3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO | 59 |
| 2.3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO | 60 |
| 2.4 PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA PROPOSTA | 60 |
| 2.4.1 INFORMAÇÕES DEMOGRÁFICAS, DEFICIÊNCIA FÍSICA E TREINAMENTO FÍSICO DESPORTIVO | 60 |
| 2.4.2 ANTROPOMETRIA | 60 |

| | |
|---|-------------------|
| 2.4.3 AVALIAÇÃO DO CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO E DAS VARIÁVEIS CARDIOPULMONARES | 61 |
| 2.4.4 NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA | 66 |
| 2.5 DESFECHOS | 67 |
| 2.5.1 DESFECHO PRIMÁRIO | 67 |
| 2.5.2 DESFECHO SECUNDÁRIO | 67 |
| 2.6 ANÁLISE DOS DADOS | 67 |
| 2.6.1 TAMANHO AMOSTRAL (CÁLCULO OU JUSTIFICATIVA) | 67 |
| 2.6.2 VARIÁVEIS DE CONTROLE | 67 |
| 2.6.3 VARIÁVEIS DE EXPOSIÇÃO | 68 |
| 2.6.4 VARIÁVEIS DE CONFUSÃO | 68 |
| 2.6.5 PLANO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA | 68 |
| 2.6.6 DISPONIBILIDADE E ACESSO AOS DADOS | 69 |
| | |
| <u>Capítulo 3 Resultados</u> | <u>70</u> |
| | |
| 3.1 MANUSCRITO #1 | 71 |
| 3.2 MANUSCRITO #2 | 95 |
| 3.3 MANUSCRITO #3 | 118 |
| 3.4 PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS | 137 |
| 3.4.1 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 137 |
| 3.4.3 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 150 |
| 3.4.4 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 152 |
| 3.4.5 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 154 |
| 3.4.6 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 158 |
| 3.4.7 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 160 |
| 3.4.8 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 162 |
| 3.4.9 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 164 |
| 3.4.10 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 166 |
| 3.4.11 METADADOS DA PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO. | 169 |
| | |
| <u>Capítulo 4 Conclusão</u> | <u>171</u> |
| | |
| <u>Referências</u> | <u>172</u> |
| | |
| <u>Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</u> | <u>189</u> |
| | |
| <u>Apêndice 2 – Questionário para caracterização da amostra e deficiência</u> | <u>192</u> |
| | |
| <u>Apêndice 3 – Questionário para caracterização do treinamento desportivo</u> | <u>196</u> |
| | |
| <u>Anexo 1 – Questionário Internacional de Atividade Física</u> | <u>198</u> |

| | |
|--|------------|
| <u>Anexo 2 – Classificação do Nível de Atividade Física</u> | 201 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| <u>Anexo 3 – Certificado de submissão e aprovação do projeto do estudo ao Comitê de Ética em Pesquisa da UNISUAM</u> | 204 |
|---|------------|

Capítulo 1 Revisão de Literatura

1.1 INTRODUÇÃO

A deficiência é definida pela Legislação Brasileira como toda perda ou anormalidade de uma estrutura ou função fisiológica, anatômica ou psicológica que gere alguma incapacidade para o desempenho de atividades, dentro de um padrão configurado como normal para o ser humano (BRASIL, 1999). A Organização Mundial da Saúde (2011) estima que 10% da população mundial têm algum tipo de deficiência.. No censo de 2010, foi demonstrado que 19% da população brasileira têm algum tipo de deficiência, isso equivale a mais de 40 milhões de pessoas (IBGE, 2012).

O aumento no número de pessoas que se declara com deficiência não representa, necessariamente, um aumento real deste grupo populacional. Mudanças comportamentais, tais como o melhor conhecimento e entendimento dos seus direitos como cidadãos, assim como maior respeito e reconhecimento pela sociedade podem estar contribuindo para essa ascensão (CASTRO et al., 2008).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2011) existem os seguintes grupos de tipos de deficiência: visual, auditiva, física (motora) e intelectual. Quando se fala de pessoa com deficiência física, a Legislação Brasileira define que são aqueles que apresentam alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, que acarrete o comprometimento da função física. As deficiências físicas podem ser mostradas sob a forma de ostomia, hemiparesia, hemiplegia, triparesia, triplegia, tetraparesia, tetraplegia, monoparesia, monoplegia, paraparesia, paraplegia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções (BRASIL, 1999).

Dentre os tipos de deficiências físicas, existe a lesão medular (LM), que é qualquer dano às estruturas da medula espinhal decorrentes de trauma, de doença ou de degeneração não traumática. A incidência anual global da LM é estimada em 23 casos por milhão de habitantes (LEE et al., 2014). A incidência brasileira de casos de LM é cerca de 40 casos por milhão de pessoas anualmente, ocasionando de 6 a 8 mil novos casos por ano (BRASIL, 2015).

A Organização Mundial da Saúde (2013) em relatório sobre pessoas com LM cita que as principais causas da LM são acidentes de trânsito, quedas e violência, sendo homens jovens

os mais acometidos. Corroborando com esses dados, estudo sobre a epidemiologia global da LM relatou que homens entre 15 e 35 anos representam mais de 80% da população de pessoas com LM (ACKERY; TATOR; KRASSIOUKOV, 2004).

A pouca mobilidade provocada pela deficiência física contribui para o sedentarismo que, por sua vez, pode aumentar o risco do surgimento de doenças tais como obesidade, diabetes *mellitus*, hipertensão arterial e doenças cardiovasculares (FLANK et al., 2012). Estes aspectos, envolvendo os sistemas do corpo humano podem contribuir para uma maior mortalidade, morbidade e percepções ruins de qualidade de vida e bem-estar (MCVEIGH; HITZIG; CRAVEN, 2009; YAZICIOGLU et al., 2012).

Nas últimas décadas, aumentou significativamente a morbidade e mortalidade por causas cardiovasculares em pessoas com LM (MYERS; LEE; KIRATLI, 2007). Estudo de LaVela et al. (2012) relata uma alta prevalência de doenças cardiovasculares e metabólicas em idosos com LM. Esses dados corroboram com os achados do trabalho de Cragg et al. (2013) que associou a LM a um aumento significativo no risco de desenvolver doenças cardiovasculares.

Diante destes fatores que envolvem o mundo das pessoas com deficiência, diversos esforços têm sido realizados para reverter este cenário (LABRONICI et al., 2000). A prática de exercícios físicos tem se mostrado uma estratégia efetiva para mudar este quadro, pois além de melhorar os aspectos relacionados à qualidade de vida, ao bem-estar e à saúde, ajuda a desenvolver a autoestima, permitindo também uma maior inclusão social (BLAUWET; WILLICK, 2012; MORENO et al., 2012).

Por décadas tem sido criadas diretrizes para elaboração de programas de atividades físicas para população em geral orientando quanto ao volume, à intensidade e frequência semanal do treinamento (ACSM, 2018). Nos últimos anos, tem sido elaboradas recomendações específicas para pessoas com LM, levando em consideração as particularidades deste público como a disfunção autonômica, mobilidade e a termorregulação (GINIS et al., 2018; GOOSEY-TOLFREY et al., 2018).

Essas recomendações incluem exercícios para melhora da capacidade cardiorrespiratória, da força muscular e da saúde. Pessoas com LM apresentam alterações no sistema nervoso autônomo (SNA), o que pode influenciar na prescrição do treinamento físico neste público (GOOSEY-TOLFREY et al., 2018).

Existe uma relação entre as alterações no SNA e problemas cardiovasculares (TASK FORCE, 1996). Sendo o SNA um dos responsáveis na regulação da frequência cardíaca (FC) em diferentes condições como no repouso, durante um exercício e no pós-exercício, se torna

importante sua investigação afim de prevenir, tratar possíveis problemas, assim como na prescrição de programas de treinamento (BUCHHEIT et al., 2007; SCHNEIDER et al., 2018).

A avaliação do SNA pode ser realizada através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que é um método não-invasivo utilizado para avaliar o balanço autonômico cardíaco. A VFC é definida como o tempo transcorrido entre os intervalos R-R nos batimentos cardíacos consecutivos. É um método que vem sendo estudado há anos, pois seus valores permitem antecipar comprometimentos à saúde ou atestar bom funcionamento do organismo (VANDERLEI et al., 2009).

A VFC pode ser registrada através de um eletrocardiograma (ECG), que é considerado o método padrão ouro para esta análise, assim como pode ser registrada por meio de cardiofrequencímetro e de pletismografia (VASCONCELLOS et al., 2015b). A análise da VFC pode ser realizada através de métodos lineares, no domínio do tempo e da frequência, e por métodos não lineares (TASK FORCE, 1996)

Em condições de repouso, a VFC pode ser utilizada para o conhecimento do estado de saúde. Valores altos da VFC significam que o organismo tem boa adaptação e indica um indivíduo saudável, em oposição, baixos valores sugerem uma adaptação anormal do SNA, e isto está relacionado com um maior risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (VANDERLEI et al., 2009).

Pessoas com LM apresentam comprometimentos no controle do sistema nervoso autônomo, principalmente em lesões cervicais e torácicas altas, causando disritmias cardíacas e bradicardia. Estes comprometimentos são devido à lesão nos ramos simpáticos que inervam o coração (GRIGOREAN et al., 2009). Trabalho realizado por Serra-Año et al. (2015) mostrou que, em repouso, pessoas com LM apresentaram valores de VFC alterados em comparação a um grupo sem LM.

A altura da lesão está diretamente ligada ao comprometimento da modulação autonômica cardíaca. Pessoas com LM alta (acima da sexta vértebra torácica – T6) apresentam menores valores da VFC comparadas com pessoas com LM baixa (abaixo da T6), ou seja, quanto mais alta for à lesão maiores serão as complicações no SNA (BIERING-SØRENSEN et al., 2018; KYRIAKIDES et al., 2019).

O monitoramento do desempenho, da aptidão física e da fadiga é fundamental para a organização de estratégias para melhora do treinamento e otimização da recuperação de um atleta ou de um indivíduo praticante de exercícios físicos. Nas últimas décadas, a avaliação do SNA, no repouso, durante e após o exercício, tem sido utilizada no controle das cargas de

treinos. Esse crescente interesse está relacionado a VFC ser uma técnica não invasiva, de baixo custo e com economia de tempo (SCHNEIDER et al., 2018).

Dentre as recomendações de exercícios físicos propostas por Ginis et al. (2018) e Goosey-Tolfrey et al. (2018) está a prescrição do treinamento cardiorrespiratório. Uma maneira de controlar a intensidade deste tipo de treino é através do primeiro limiar ventilatório (LV_1) (MAUNDER et al., 2019). Para avaliação dos limiares ventilatórios é necessário um analisador metabólico de gases, que geralmente tem alto custo financeiro (SILVA et al., 2005), além da necessidade de profissionais especializados para sua identificação (CUNHA et al., 2014).

Em exercícios progressivos, a ventilação pulmonar (VE) aumenta simultaneamente ao incremento da intensidade, aumentando linearmente o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2). O LV_1 é definido como o ponto onde ocorre o aumento da VE de maneira não linear ao aumento do VO_2 (WASSERMAN et al., 2005). Exercícios com intensidades abaixo do LV_1 são considerados como leves ou moderados e acima são considerados como pesados ou alta (BURNLEY; JONES, 2007; MEZZANI et al., 2013). Acredita-se que exercícios físicos, onde as intensidades sejam inferiores a este limiar não trazem respostas fisiológicas significativas. Com o contínuo aumento da intensidade, os mecanismos de ajuste metabólico e cardiorrespiratório vão atingindo seus limites e a partir de certo momento a via metabólica predominante passa de anaeróbio compensado para anaeróbio descompensado. Esse momento é descrito como segundo limiar ventilatório ou ponto de compensação respiratória, onde a fadiga passa a se estabelecer pela redução da capacidade adaptativa. Até este ponto, a produção de ácido láctico é concomitante com a sua remoção, através do tamponamento do bicarbonato em nível plasmático. O segundo limiar ventilatório é o ponto em que o organismo está na eminência de entrar predominantemente no sistema anaeróbio, pois acima deste limiar a produção de ácido láctico supera a sua remoção levando à acidose metabólica. Nesse ponto são observados aumentos ainda maiores da VE, quase como a única forma de adaptação em uma intensidade mais alta. A partir deste ponto ocorre um aumento simultâneo do VE/VO_2 e do VE/VCO_2 (WASSERMAN et al., 2004).

De acordo com Almeida e Araújo (2003), durante o exercício físico, a FC aumenta inicialmente pela redução da atividade parassimpática e com o incremento da intensidade ocorre o aumento da atividade simpática. Em exercícios progressivos, enquanto ocorre o aumento da carga, os índices da VFC diminuem até haver uma estabilização em seus valores, o que pode estar associado ao LV_1 (LIMA; KISS, 1999). Esse ponto, onde não mais acontece a redução VFC, é chamado de limiar da variabilidade da frequência cardíaca ($LiVFC$). Diversos autores

têm mostrado boa correlação entre o LV_1 e o LiVFC em diferentes populações (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010; NOVELLI et al., 2019; SIMÕES et al., 2016).

Segundo Novelli et al. (2019) está bem estabelecido na literatura que o LiVFC é um método válido para estimar o LV_1 em diferentes populações, independente do índice da VFC utilizado. Sabendo que pessoas com LM possuem alterações no controle autonômico cardíaco, se faz necessário investigar se nessa população o LiVFC também seria um método válido para estimar o LV_1 .

Vanderlei et al. (2009) apontam que o cardiofrequencímetro pode ser uma alternativa mais prática e com um menor custo que o ECG, além de possibilitar a mensuração dos intervalos RR em campo. Diversos estudos têm mostrado a validade na utilização de diferentes modelos em várias populações como em adolescentes obesos e não obesos (VASCONCELLOS et al., 2015a), crianças (GAMELIN et al., 2008), homens e mulheres saudáveis (NUNAN et al., 2009), atletas e indivíduos treinados (PLEWS et al., 2017) dentre outras.

Na literatura consultada até o presente momento, isto é, março de 2020, não foram encontrados estudos que investigaram a validade do uso do cardiofrequencímetro em relação ao ECG em indivíduos com LM, condição esta que reconhecidamente leva a alterações significativas na VFC (KYRIAKIDES et al., 2019). Dessa forma, se torna importante conhecer a validade do cardiofrequencímetro na avaliação do LiVFC, que pode ser uma ferramenta simples para otimizar a prescrição do treinamento físico.

A avaliação do SNA durante o exercício, assim como sua recuperação após um esforço tem sido considerada uma boa estratégia para estratificação de riscos e acompanhamento de treinamento em diferentes populações (CRUZ et al., 2017). A VFC e a FC quando medida após exercícios máximos são tidas como excelentes ferramentas predictoras de mortalidade (BUCHHEIT; GINDRE, 2006; COLE et al., 1999).

A FC de recuperação tem sido utilizada como índice de reativação vagal, principalmente quando avaliada no primeiro minuto após testes de esforço máximo (PIERPONT; STOLPMAN; GORNICK, 2000). Buchheit et al. (2007) apontam que atraso na FC recuperação, isto é, uma recuperação mais lenta, pode estar associado a maior risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. De acordo com Cole et al. (1999) uma recuperação inferior a 12 batimentos no primeiro minuto pós-esforço pode ser indicativo de desequilíbrio autonômico, ou seja, diminuição do tônus parassimpático e aumento do tônus simpático.

Especificamente em relação à LM, indivíduos com LM cervical apresentavam menores valores na recuperação da FC que pessoas com LM torácica. No mesmo estudo, pessoas sem LM mostraram maiores valores dessa recuperação (MYERS et al., 2010a). Autores vem utilizando os índices da VFC para avaliar a reativação parassimpática após exercício em pessoas saudáveis (CUNHA et al., 2015) e pessoas com LM (ABREU et al., 2016).

A VFC tem sido utilizada para o monitoramento antes, durante e após o exercício em indivíduos sem LM, porém essa ferramenta tem sido pouco utilizada em pessoas com LM (BUKER; OYARCE; PLAZA, 2018).

O conhecimento minucioso das características fisiológicas, incluindo a VFC em diferentes condições (repouso, esforço e recuperação pós-esforço) em indivíduos com LM permite maximizar as estratégias a serem tomadas para melhorar o estado geral de saúde dessa população e, no caso de esportistas, poderá contribuir também para a melhoria do desempenho por meio da elaboração de programas de treinamento mais ajustados às reais necessidades.

1.2 A Lesão medular: conceitos, epidemiologia, causas e repercussões gerais

A coluna vertebral constitui a base do tronco. Ela é composta por 33 ou 34 vértebras e discos intervertebrais. As vértebras se classificam em 7 cervicais, 12 torácicas, 5 lombares, 5 sacrais e 4 a 5 coccígeas (KHALE, W.; LEONHARDT, H.; PLATZER, 2000). Atravessando o canal intervertebral tem-se a medula espinhal, que é uma parte do sistema nervoso central que fica entre o bulbo e a segunda vértebra lombar. A medula espinhal tem a função de transmitir impulsos nervosos entre o cérebro e as diferentes partes do corpo. Ela recebe impulsos sensoriais de receptores e envia impulsos motores a partes somáticas e viscerais do organismo (KHALE, W.; LEONHARDT, H.; PLATZER, 2000).

Como a medula espinhal é a responsável pela transmissão dos impulsos nervosos entre o cérebro e o corpo, uma lesão em qualquer ponto pode levar à perda da sensibilidade e dos movimentos de partes do corpo, devido não haver mais a troca de impulsos nervosos (MAYNARD et al., 1997).

A LM pode acontecer por diversos fatores como infecção, isquemia, compressão por hematoma, traumas, doenças congênitas ou degenerativas, podendo levar ao comprometimento na transmissão de impulsos nervosos, causando alterações na sensibilidade e no controle motor voluntário e involuntário (CAMPANA et al., 2011). Dependendo da extensão, a lesão pode ser

classificada como completa ou incompleta. E quanto à altura da lesão, ela pode ser classificada como alta ou baixa. Quanto mais cranial (alta) a lesão, maiores são as consequências e os comprometimentos (MAYNARD et al., 1997).

Em uma revisão sistemática, Jazayeri et al. (2015) encontraram dados de 41 países e uma incidência mundial de LM entre 3,6 e 195 casos por milhão de habitantes por ano. Os autores relatam que a literatura carece de precisão dos dados epidemiológicos em alguns países, principalmente nos países africanos.

Em estudo realizado em 2016 foi mostrado maiores taxas de incidência da LM em regiões com alto índice econômico como na América do Norte e da Europa Ocidental. Entretanto, o país com maior taxa de LM padronizada por idade foi a Síria com 136 casos para cada 100 mil habitantes (JAMES et al., 2016). Nos Estados Unidos foi estimado 12 mil novos casos por ano (PALEVILLE et al., 2011).

Em trabalho conduzido por Lee et al. (2014), os autores estimaram uma incidência global de 23 novos casos de LM traumática a cada milhão de habitantes anualmente. Na América do Norte, América do Sul, Europa Ocidental, Sul da Ásia e África Central, as taxas de incidências são de 40, 25, 16, 21 e 29 novos casos de LM por milhão de habitantes por ano, respectivamente.

Dados epidemiológicos da LM no Brasil são apresentados no documento do Ministério da Saúde onde é estimado que ocorra de 6 a 8 mil novos casos por ano. Esses números representam uma incidência elevada comparada a outros países (BRASIL, 2015). O mesmo documento ressalta que as informações sobre a epidemiologia da LM no Brasil ainda não estão bem determinadas. Em revisão sistemática que analisou estudos em diferentes regiões do Brasil aponta que a incidência de LM é entre 16 e 26 casos para cada milhão de habitantes (BOTELHO et al., 2014).

Estudo sobre a epidemiologia global da LM relatou que homens entre 15 e 35 anos representam mais de 80% da população de pessoas com LM (ACKERY; TATOR; KRASSIOUKOV, 2004). Lee et al. (2014) verificaram que a LM nos países desenvolvidos (de alta renda) e em desenvolvimento afeta principalmente homens de 18 a 32 anos e, nos países desenvolvidos, devido ao envelhecimento da população, homens e mulheres com mais de 65 anos. Brito (2011) relata que, no Brasil, homens entre 21 a 30 anos são os mais vulneráveis a este tipo de trauma. Dados mundiais mostram que a maioria dos casos de pessoas com LM são homens jovens (WHO, 2013).

As LM podem ser causadas por origem não traumática ou traumática. As primeiras podem ser provocadas por infecções, problemas vasculares, tumores e degenerações (VAN

DEN BERG et al., 2010). Segundo dados da OMS (2013), 90% dos casos da LM têm origem traumática, porém nos últimos anos, ocorreu um leve aumento de causas não traumáticas. De acordo com o mesmo estudo, as principais causas da LM traumáticas são acidentes de trânsito, quedas e violência. Dados semelhantes foram encontrados no estudo de Jazayeri et al (2015).

Em estudo na população brasileira, Brito (2011) comenta que as principais causas são acidentes de carros e motos, seguido por quedas, perfuração por arma de fogo e mergulho em águas rasas.

Uma das principais ferramentas para a classificação da LM em relação à sensibilidade e motricidade é a escala proposta pela *American Spinal Injury Association* (ASIA) (KIRSHBLUM et al., 2011). A escala da ASIA classifica a LM em dois tipos: completa, quando o impulso nervoso, seja aferente ou eferente, não pode ser enviado às regiões inervadas abaixo do local da lesão, em razão do total comprometimento das estruturas internas da medula espinhal, ou incompleta, quando algumas fibras nervosas estão preservadas e uma parte dos impulsos nervosos são transmitidos (MAYNARD et al., 1997).

A nível motor é avaliada a força muscular residual em alguns músculos chaves dos membros superiores, inferiores e tronco. A avaliação sensitiva é realizada em ambos os lados corporais em determinados pontos chaves, através de estímulo doloroso, com ponta de agulha e estímulo tátil, com algodão. As informações relativas às avaliações motora e sensitiva são armazenadas em um mapa (Figura 1) e, então, os indivíduos são classificados em 5 níveis (MAYNARD et al., 1997), conforme apresentado no Quadro 1. A escala foi criada em 1982, porém vem sendo revisada ao longo dos anos para uma melhor adequação (KIRSHBLUM et al., 2011).

ASIA

CLASSIFICAÇÃO NEUROLÓGICA PADRÃO DE LESÃO MEDULAR

MOTOR
MÚSCULO CHAVE

| | D | E |
|------|---|---|
| C2 | | |
| C3 | | |
| C4 | | |
| C5 | | |
| C6 | | |
| C7 | | |
| C8 | | |
| T1 | | |
| T2 | | |
| T3 | | |
| T4 | | |
| T5 | | |
| T6 | | |
| T7 | | |
| T8 | | |
| T9 | | |
| T10 | | |
| T11 | | |
| T12 | | |
| L1 | | |
| L2 | | |
| L3 | | |
| L4 | | |
| L5 | | |
| S1 | | |
| S2 | | |
| S3 | | |
| S4-5 | | |

0 = PARALISIA TOTAL.
 1 = CONTRAÇÃO PALPÁVEL OU VISÍVEL.
 2 = MOVIMENTO ATIVO, GRAVIDADE ELIMINADA.
 3 = MOVIMENTO ATIVO, CONTRA A GRAVIDADE.
 4 = MOVIMENTO ATIVO, CONTRA ALGUMA RESISTÊNCIA.
 5 = MOVIMENTO ATIVO, CONTRA GRANDE RESISTÊNCIA.
 NT = NÃO AVALIADO.

FLEXORES DO COTOVELO
 EXTENSORES DO PUNHO
 EXTENSORES DO COTOVELO
 FLEXORES DOS DEDOS (FALANGE DISTAL DO DEDO MÉDIO)
 ABDUTORES DO DEDO (DEDO MÍNIMO)

FLEXORES DO QUADRIL
 EXTENSORES DO JOELHO
 DORSIFLEXORES DO TORNOZELO
 EXTENSORES LONGOS DO HÁLUX
 FLEXORES PLANTARES DO TORNOZELO

CONTRAÇÃO ANAL VOLUNTÁRIA (SIM/NÃO)

LEVE TOQUE AGULHA

| | D | E |
|------|---|---|
| C2 | | |
| C3 | | |
| C4 | | |
| C5 | | |
| C6 | | |
| C7 | | |
| C8 | | |
| T1 | | |
| T2 | | |
| T3 | | |
| T4 | | |
| T5 | | |
| T6 | | |
| T7 | | |
| T8 | | |
| T9 | | |
| T10 | | |
| T11 | | |
| T12 | | |
| L1 | | |
| L2 | | |
| L3 | | |
| L4 | | |
| L5 | | |
| S1 | | |
| S2 | | |
| S3 | | |
| S4-5 | | |

0 = AUSENTE
 1 = COMPROMETIDO
 2 = NORMAL
 NT = NÃO AVALIADO

QUALQUER SENSACÃO ANAL (SIM/NÃO)

SENSITIVO
PONTO CHAVE DA SENSIBILIDADE

ÍNDICE ESTIMULAÇÃO COM AGULHA (MÁX: 112)
 ÍNDICE ESTIMULAÇÃO COM LEVE TOQUE (MÁX: 112)

TOTAIS + = **ÍNDICE MOTOR**
 (MÁXIMO) (50) (50) (100)

TOTAIS + = **ÍNDICE ESTIMULAÇÃO COM LEVE TOQUE** (MÁX: 112)
 (MÁXIMO) (56) (56) (56) (56)

| NÍVEL NEUROLÓGICO | D | | E | | COMPLETO OU INCOMPLETO? | ZONA DE PRESERVAÇÃO | D | | E | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | SENSITIVO | MOTOR | SENSITIVO | MOTOR | | | SENSITIVO | MOTOR | SENSITIVO | MOTOR |
| O SEGMENTO MAIS CAUDAL COM FUNÇÃO NORMAL | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | INCOMPLETO - QUALQUER FUNÇÃO SENSITIVA OU MOTORA EM S4-S5 ASIA IMPAIRMENT SCALE | PARCIAL EXTENSÃO CAUDAL DE SEGMENTOS PARCIALMENTE INERVADOS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Figura 1 – Mapa para classificação da Escala ASIA

Fonte: Neves *et al.* (2007)

Maynard et al. (1997) destacam que a escala da ASIA define tetraplegia como comprometimento de função nos braços, bem como no tronco, pernas e órgãos pélvicos. Não inclui lesões no plexo braquial ou lesão de nervos periféricos fora do sistema neural canal. Já paraplegia se refere ao comprometimento ou perda da função motora e/ou sensorial nos segmentos torácico, lombar ou sacral (mas não cervical) da medula espinhal, secundária a dano de elementos neurais dentro do canal espinhal. O uso dos termos tetraparesia e paraparesia estão relacionados a uma perda parcial dos movimentos.

Quadro 1 - Classificação da lesão medular de acordo com a sensibilidade e motricidade proposta pela *American Spinal Injury Association – ASIA*

| |
|--|
| A = Lesão Completa: Sem preservação das funções motora e sensitiva nos segmentos sacrais. |
| B = Lesão Incompleta: Perda da função motora, porém função sensitiva preservada abaixo do nível neurológico e inclui sensibilidade dos segmentos sacrais. |
| C = Lesão Incompleta: Função motora preservada abaixo do nível neurológico, e mais da metade dos músculos-chave abaixo do nível neurológico possuem grau de força inferior a 3 (apesar de haver contração muscular, não são capazes de vencer a gravidade). |
| D = Lesão Incompleta: Função motora preservada abaixo do nível neurológico, e mais da metade dos músculos-chave abaixo do nível neurológico possuem grau de força igual ou superior a 3 (vencem a gravidade). |
| E = Lesão Incompleta: Funções Motora e sensitiva são normais. |

Fonte: MAYNARD *et al.* (1997).

As consequências da LM não se limitam à esfera motora. Parte das pessoas com LM apresentam problemas psicoemocionais, sendo comuns sentimentos de depressão e negação. Dentro deste quadro, é fundamental a presença da família e dos amigos no tratamento destes sintoma (CONCEIÇÃO *et al.*, 2010; KRAUSE; CAO; DIPIRO, 2019).

No estudo publicado por Cerezatti *et al.* (2012) foi revisada a literatura científica sobre o impacto emocional e as estratégias utilizadas para enfrentar a LM. Os autores observaram que a incapacidade ou dificuldade de realizar movimentos físicos é percebida de forma muito negativa. A imagem corporal é outro fator que impacta emocionalmente essa população. Outras dificuldades relatadas estão relacionadas à questão econômica e à dependência de outras pessoas, sendo a família um diferencial no enfrentamento das questões emocionais da pessoa com LM. Para o enfrentamento são idealizadas duas estratégias principais, uma focada no problema, tentando mudar o fato que gerou o estresse. Na segunda estratégia, o objetivo é tentar regular o estado emocional do indivíduo introduzindo tratamento psicológico e modificações no estilo de vida.

Outra consequência comum da LM, é a redução dos níveis de atividade física, o que frequentemente, resulta em uma piora na composição corporal como o aumento da massa gorda e a redução da massa muscular (BAUMAN *et al.*, 1999; GATER, 2007; GORGEY *et al.*, 2015)

A morbimortalidade por causas cardiometabólicas tem crescido consideravelmente nas últimas décadas nesta população (CRAGG et al., 2013; MYERS; LEE; KIRATLI, 2007).

1.3 Alterações cardiovasculares na lesão medular

Collins et al. (2010) relatam que as mudanças nas respostas fisiológicas observadas em pessoas com LM podem estar diretamente relacionadas a característica da lesão, se ela é completa ou incompleta, e a altura. Em grande parte desta população, a capacidade de trabalho é reduzida pela perda do controle muscular e pelas alterações no sistema nervoso simpático (COLLINS et al., 2010).

O trauma na coluna vertebral pode causar danos irreversíveis na medula espinhal e em suas raízes nervosas, provocando alterações no SNA, o que gera consequências em algumas funções cardiovasculares (WECHT et al., 2003).

Em pessoas com LM, as respostas cardiovasculares sofrem alterações como uma menor capacidade aeróbia em um teste máximo, redução da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) durante o exercício, bradicardia e pressão arterial sistólica (PAS) instável durante esforço (GOOSEY-TOLFREY; CASTLE; WEBBORN, 2006; VANLANDEWIJCK; DALY; THEISEN, 1999; WEST et al., 2012). Essas alterações também são relatadas no estudo de Goosey-Tolfrey et al. (2013) onde foi mostrado que pessoas com LM em diferentes alturas e diferentes tipos, completas ou incompletas, tendem a apresentar tais modificações.

Myers et al. (2007) relataram que nos últimos anos a morbimortalidade por causas cardiovasculares tem aumentado, sendo sua prevalência maior que a de doenças pulmonares e renais, que eram as principais causas de mortalidade em pessoas com LM nas décadas passadas. Esses riscos incluem uma maior prevalência de obesidade, dislipidemias e síndrome metabólica. No mesmo estudo, os autores destacam que o aumento do risco de doenças cardiovasculares está associado à disfunção autonômica que leva a redução da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Em estudo realizado por LaVela et al. (2012) comparando homens com LM acima de 65 anos de idade, com homens de diferentes faixas etárias sem LM quanto a distúrbios cardiovasculares e metabólicos mostrou uma maior prevalência de acidente vascular cerebral em idosos com LM. As prevalências de diabetes *mellitus* e infarto agudo no miocárdio foram semelhantes em idosos com e sem LM (LAVELA et al., 2012). Em estudo com 93 pessoas com

LM (39 tetraplégicos e 54 paraplégicos) foi observado que 23% da amostra apresentava síndrome metabólica (LEE et al., 2005).

No que diz respeito à FC durante o exercício, a literatura mostra uma redução da FC de pico atingindo valores entre 115 e 130 batimentos por minuto, durante exercícios máximos (THEISEN; VANLANDEWIJCK, 2002). Corroborando estes dados, Eriksson et al. (1988) realizaram testes máximos em 58 homens com LM entre C4 e L4 (33 sedentários e 25 treinados) e 10 sem LM. Os autores observaram FC pico de 119bpm nos tetraplégicos sedentários, sem diferença significativa para os tetraplégicos treinados, que obtiveram FC pico de 118 bpm. Estes autores relatam que o exercício físico regular não consegue auxiliar a atuação da atividade simpática entre os tetraplégicos.

O trabalho de Myers et al. (2010a) contou com a participação de 63 pessoas com LM, sendo 26 tetraplégicos, 22 paraplégicos com lesão alta (T2-T6) e 15 paraplégicos com lesão baixa (T7-S1), além de 26 controles. Neste estudo foram feitas, em repouso, as medidas de FC, além da pressão arterial (PA) sistólica e diastólica. Com o teste cardiopulmonar de esforço progressivo (TCPE) foram mensurados a FC de pico e o VO_2 de pico, e após o esforço foi avaliada a FC no segundo, no quinto e no oitavo minuto. Nos resultados foi mostrado um VO_2 pico maior nos controles ($36,4 \pm 10,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), seguidos por paraplégicos com lesão baixa ($15,1 \pm 4,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), paraplégicos com lesão alta ($12,8 \pm 4,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e por último os tetraplégicos ($10,3 \pm 4,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Comportamento semelhante foi observado nos resultados para a FC pico: 166 bpm, 143 bpm, 136 bpm e 106 bpm nos controles, paraplégicos com lesão alta, paraplégicos com lesão baixa e tetraplégicos, respectivamente. Em relação à FC de recuperação, os tetraplégicos obtiveram reduções significativamente menores nos três momentos e o grupo controle obteve maiores reduções significativamente estatísticas.

Em trabalho realizado em atletas paraplégicos e tetraplégicos, Leicht et al. (2012) verificaram a FC alcançada em exercícios submáximos entre 40% e 80% do VO_2 máximo. Os resultados indicaram que a altura da lesão influenciou diretamente no componente aeróbio, onde os tetraplégicos (idade média de $29,2 \pm 3,8$ anos) chegaram a valores de FC de 129 bpm *versus* 184 bpm nos paraplégicos (idade média de $30,6 \pm 9,0$ anos).

Em trabalho realizado em 19 sujeitos com lesão cervical e oito com lesão torácica, Claydon et al. (2006) avaliaram as respostas da FC e da PA antes e após um exercício em cicloergômetro de braço até a exaustão. Nos resultados, os sujeitos com LM mais alta apresentaram respostas cardiovasculares anormais ao exercício, tais como pré-síncope, menor FC pico e hipotensão pós-exercício transitória, o que pode estar relacionado com a perda do

controle nervoso simpático. As respostas dos indivíduos com LM torácica foram consideradas normais.

Hopman et al. (2004) avaliaram o consumo de oxigênio de pico em teste no cicloergômetro de membros superiores em 10 indivíduos sem LM, seis tetraplégicos e seis paraplégicos. Os resultados mostraram capacidade cardiorrespiratória maior nos indivíduos sem lesão, seguidos pelos paraplégicos e por último nos tetraplégicos, com valores de $36,0 \pm 1,8$, $23,1 \pm 1,5$ e $12,7 \pm 2,1$ $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, respectivamente.

Por outro lado, o débito cardíaco em repouso parece ser semelhante em pessoas entre indivíduos com tetraplegia, paraplegia ou sem LM. Entretanto, durante exercícios incrementais ocorre o aumento significativo do débito cardíaco apenas em pessoas saudáveis e paraplégicas (DELA et al., 2003).

Em estudo comparando o débito cardíaco, a FC e o volume sistólico em repouso e durante um exercício máximo entre nove homens com LM cervical e nove homens sem LM, foi observado que as respostas hemodinâmicas em repouso foram semelhantes entre os dois grupos. No entanto, durante o exercício as respostas foram maiores no grupo controle ($p < 0,05$) (HOSTETTLER et al., 2012).

Quando ocorre uma lesão na medula espinhal acima de T1, ou seja, acima dos ramos simpáticos, essa população acaba apresentando uma menor PAS em repouso. É comum pessoas com LM apresentarem hipotensão ortostática que é provocada por uma dificuldade do retorno venoso nas mudanças de posição do corpo (THEISEN; VANLANDEWIJCK, 2002). Essa alteração pode estar relacionada a redução na atividade do sistema nervoso simpático (KRASSIOUKOV, 2009; MYERS; LEE; KIRATLI, 2007).

1.4 O sistema nervoso autônomo e o controle da frequência cardíaca

O SNA também conhecido como sistema nervoso visceral ou involuntário, tem papel fundamental na homeostase. Dentre suas atribuições pode-se citar a regulação das funções cardiovasculares como FC, contração cardíaca, fluxo sanguíneo para os ossos, músculos, rins e pele. O SNA controla diversas funções fisiológicas como termorregulação, pressão arterial, cronotropismo cardíaco, respostas vasomotoras periféricas dentre outras (ROQUE et al., 2013).

O SNA se divide em sistema nervoso simpático e sistema nervoso parassimpático. Muitos tecidos e órgãos são inervados pelos dois sistemas. Na maioria das vezes, eles têm efeitos opostos em determinados órgãos: quando há aumento da atividade de um sistema há redução da atividade do outro, resultando em um controle maior das funções deste órgão (BORRESEN; LAMBERT, 2008).

Almeida e Araújo (2003) relatam que a FC é controlada primariamente pela ativação do SNA, por meio dos ramos parassimpáticos e simpáticos. Cada sistema predomina em determinadas condições. O sistema nervoso parassimpático predomina em condições de repouso. O efeito dele nestas condições é conservar e armazenar energia e regular as funções básicas do corpo. O sistema nervoso simpático prevalece durante situações de “luta ou fuga” e durante o exercício físico. A atividade simpática irá aumentar o fluxo sanguíneo para os tecidos que necessitam disso. Além da intensificação do fluxo de sangue, o predomínio da atuação deste sistema aumentará FC, pressão arterial e a contratilidade do músculo cardíaco (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003).

Tanto a FC quanto a contratilidade miocárdica são aumentadas para que o coração eleve seu débito cardíaco afim de irrigar melhor determinado tecido. A estimulação simpática do músculo liso vascular promove uma vasoconstrição generalizada, diminuindo a irrigação do sistema gastrointestinal e dos rins. Essa vasoconstrição tem o objetivo de redistribuir o fluxo de sangue, aumentando-o em direção aos músculos que se contraem, diminuindo o aporte sanguíneo dos tecidos metabolicamente inativos (BORRESEN; LAMBERT, 2008).

Sobre a FC em repouso, pessoas com melhor capacidade cardiorrespiratória apresentam valores mais baixos dessa variável, consequência de um maior volume sistólico (BONADUCE et al., 1998). Porém, muitas vezes, baixos valores de FC em repouso podem ser confundidos com altos valores do volume sistólico quando na verdade isso pode indicar uma maior atividade parassimpática ou menor atividade simpática no indivíduo (JENSEN-URSTAD et al., 1997).

Na revisão de literatura feita por Almeida e Araújo (2003), os autores apresentam que o treinamento aeróbio provoca alterações benéficas no balanço simpátovagal. Relatam que protocolos de 6 semanas a 12 meses têm mostrado resultados de aumento da atividade vagal no repouso e diminuição da atividade simpática.

De encontro com esta afirmação, Loimaala et al. (2000) não acharam diferenças significativas em pessoas sedentárias após cinco meses de treinamento sobre índices da VFC. O estudo contou com 83 homens com idade entre 35 e 55 anos divididos em três grupos. O primeiro grupo realizou exercícios máximos duas vezes na semana; o segundo grupo realizou corrida ou caminhada de quatro a seis vezes na semana com intensidades

correspondente à 55% do $VO_{2m\acute{a}x}$; e o terceiro grupo realizou corrida à 75% do $VO_{2m\acute{a}x}$. Todos os grupos tiveram aumento no $VO_{2m\acute{a}x}$, no entanto, embora os alguns indicadores de VFC (SDNN, HF e LF) aumentaram após o treinamento no terceiro grupo em comparação com o primeiro grupo, essas mudanças não alcançaram significância estatística. Os autores sugeriram que para ocorrer melhoras nos índices da VFC seria necessário um período de treinamento maior.

A regulação da FC durante exercício físico é realizada pelo SNA, fatores humorais e mecanismos intrínsecos do coração (TULPPO et al., 1996). Sobre a influência do SNA no controle da FC no decorrer do esforço, o aumento da FC no início do exercício se dá pela inibição do sistema nervoso parassimpático, sem nenhuma participação simpática (ARAUJO; NOBREGA; CASTRO, 1992; BERNARDI et al., 1990). Em trabalho de Alonso et al. (1998), com 17 homens sedentários que realizaram teste de esforço monitorando os sinais eletrocardiográficos antes, durante e após o teste, os autores relatam uma predominância da atividade parassimpática no repouso, com diminuição gradual até o esforço máximo da atividade vagal, com subsequente aumento da atividade simpática.

Como resposta crônica, o exercício físico provoca importantes adaptações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus ajustes autonômicos. Dessa forma, devido ao treinamento físico, para a mesma intensidade do exercício os indivíduos podem apresentar menores valores de FC em trabalhos submáximos antes e após períodos de intervenção (FOSS; KETEYIAN, 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Em revisão de literatura, Carter, Banister e Blaber (2003) relataram que o treinamento aeróbio a longo prazo promove adaptações positivas no controle autonômico cardíaco. Em repouso, este tipo de treinamento propicia um aumento da atividade parassimpática e uma redução simpática do coração. Durante o exercício, ocorre uma diminuição da FC submáxima, induzida pela menor ativação simpática.

A recuperação da FC após exercício é outro fator muito importante a ser analisado. A queda da FC depois de esforços máximos ou submáximos é um importante indicador da integridade do nervo vago, que é um excelente preditor de mortalidade (COLE et al., 1999). A avaliação da FC de recuperação também é uma excelente forma de avaliar a aptidão física e estado clínico de um indivíduo (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003). Essa redução da FC após o exercício envolve uma interação coordenada de reativação parassimpática e retirada simpática (BORRESEN; LAMBERT, 2008).

A FC de recuperação está altamente relacionada com o condicionamento físico. Pessoas com excelente condicionamento aeróbio apresentam altos valores na redução da FC nos

primeiros minutos após esforço físico (SHETLER et al., 2001). De acordo com Cole et al. (1999) uma recuperação inferior a 12 batimentos no primeiro minuto pós-esforço pode indicar um desequilíbrio autonômico, que se associa positivamente a um maior risco de morte cardiovascular.

O tempo para a VFC voltar aos níveis de repouso pós-esforço físico é outra variável importante para avaliar a integridade do SNA. Esse período pode durar de minutos até 24 horas após a atividade física e resulta da interação entre o volume e a intensidade do exercício, do condicionamento físico do sujeito e das funções autonômicas (HAUTALA et al., 2001).

Em estudo conduzido por Hautala *et al.* (2001) foram avaliadas as respostas autonômicas de 10 atletas antes e após uma prova de 75km de esqui *cross-country*. Para os índices de VFC voltarem aos níveis de repouso o tempo variou entre zero e 12 horas e este tempo teve correlação inversa com os valores de VO_2 máx obtidos em teste realizado antes do dia da prova. No primeiro dia após a prova, os valores de FC em repouso foram semelhantes aos valores antes da prova, porém no segundo dia, estes valores foram significativamente menores.

1.5 Métodos para avaliação do controle autonômico cardíaco

O coração é um órgão que apresenta células com ritmo próprio, variando a sua frequência de batimento a batimento, como consequência dos ajustes promovidos pelo SNA para a manutenção da homeostasia (LOPES et al., 2013). Dessa forma, o SNA tem fundamental importância no controle das funções fisiológicas do corpo humano tanto em condições normais como em patologias. Dessa forma, avaliar o controle autonômico se torna de grande utilidade para detectar possíveis comprometimentos à saúde, com principal destaque para a avaliação da VFC (VANDERLEI et al., 2009).

O termo VFC representa as modificações no intervalo entre os batimentos cardíacos consecutivos, ou seja, a variação do tempo entre os batimentos (intervalo R-R) (VANDERLEI et al., 2009).

Como os batimentos cardíacos não possuem uma regularidade entre eles, as variações rítmicas da FC, também chamada de VFC, estão relacionadas às mudanças da atividade vagal. Dessa forma, a VFC é considerada um bom indicador do nível de modulação cardíaca (VANDERLEI et al., 2009).

Como descrito na seção anterior, o sistema cardiovascular é comandado, em parte, pelo SNA, que fornece nervos aferentes e eferentes ao coração (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003). Por meio de informações aferentes, o coração é estimulado ou inibido, aumentando ou reduzindo a FC, através de respostas simpáticas ou parassimpáticas, ajustando-se às necessidades de cada momento (VANDERLEI et al., 2009). O aumento da FC é devido a uma menor ativação da via parassimpática e maior atividade da via simpática, ao passo que a diminuição depende da reativação da atividade vagal (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003; RAJENDRA ACHARYA et al., 2006).

Modificações na FC são normais e esperadas e isso indica a habilidade do coração em adaptar-se aos diferentes estímulos ambientais e fisiológicos, como sono, estresse mental, alterações metabólicas, exercício físico, entre outros. Alterações nos padrões da VFC podem indicar e antecipar comprometimentos na saúde. Altos valores de VFC, em repouso, são indícios de uma boa adaptação, o que caracteriza um indivíduo com um bom estado de saúde. Ao contrário, baixos valores de VFC são frequentemente associados a adaptações anormais do SNA, indicando um mau funcionamento fisiológico (PUMPRLA et al., 2002) e frequentemente associado a doenças.

A avaliação da VFC não é invasiva, é de ampla possibilidade de uso e de fácil aquisição de dados, sendo bem aceita por pesquisadores e por profissionais que trabalham na área da saúde (VANDERLEI et al., 2009). A VFC é reconhecida como um excelente instrumento para estimativa da modulação cardíaca autônoma (SAUL et al., 1990), sendo utilizada para detectar doenças e prever risco de infarto agudo do miocárdio (HUIKURI et al., 2003).

Para a análise da VFC pode ser utilizado um eletrocardiograma (ECG) onde a atividade elétrica do coração é detectada a cada batimento, ou seja, cada contração do músculo cardíaco que é comandada por pequenos impulsos elétricos gerados no próprio coração. Cada batimento cardíaco é composto por uma onda P, um complexo QRS e uma onda T. A onda P representa a despolarização atrial, o complexo QRS representa a despolarização dos ventrículos e a onda T, a repolarização ventricular (JAMES; CHOISY; HANCOX, 2007). Para utilização do ECG é necessário um conversor analógico digital (VANDERLEI et al., 2009). Os cardiofrequencímetros também são utilizados, devido à praticidade e menor custo que o ECG, sendo bem aceitos e usados em pesquisas científicas (GAMELIN et al., 2008; NUNAN et al., 2009; VANDERLEI et al., 2009; VASCONCELLOS et al., 2015).

A VFC pode ser avaliada através de métodos lineares e não lineares (TASK FORCE, 1996). Os métodos lineares são os mais utilizados e são divididos em duas vertentes: análise no domínio do tempo e análise no domínio da frequência. Os métodos não lineares são: análise de

flutuações depuradas de tendências, função de correlação, expoente de Hurst, dimensão fractal e o expoente de Lyapunov (VANDERLEI et al., 2009).

No domínio do tempo, os resultados são expressos em milissegundos, cada intervalo RR normal durante determinado intervalo de tempo e com base em métodos geométricos e estatísticos calculam-se índices que indicam as variações dos ciclos cardíacos (VANDERLEI et al., 2009). Os índices estatísticos no domínio do tempo são mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetros da VFC no domínio do tempo

| Variável | Significado | Definição |
|---------------------|---|--|
| R-R <i>interval</i> | <i>Average of all normal R-R intervals</i> | Média dos intervalos de acoplamento de todos os batimentos normais consecutivos em um intervalo de tempo |
| SDNN | <i>Standard deviation of NN</i> | Desvio-padrão de todos os intervalos R-R normais gravados em um intervalo de tempo |
| SDANN | <i>Standard deviation of averages NN</i> | Desvio-padrão das médias dos intervalos R-R normais, a cada 5 minutos, em um intervalo de tempo |
| rMSSD | <i>Root Mean Square of the Successive Differences</i> | Raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo |
| SDNNi | <i>Standard deviations of all the NN intervals</i> | Média do desvio-padrão dos intervalos R-R normais a cada 5 minutos |
| pNN50 | <i>Percentage of adjacent NN intervals</i> | Porcentagem dos intervalos R-R adjacentes com diferença de duração maior que 50ms |

Fonte: Kawaguchi et al. (2007).

Os índices estatísticos SDANN, SDNNi e SDNN representam as atividades simpática e parassimpática, no entanto não conseguem diferenciar quando as modificações da VFC são devidas ao aumento da ativação simpática ou à retirada do tônus parassimpático. Já os índices

pNN50 e rMSSD refletem a atividade parassimpática, pois são encontrados a partir da análise de intervalos RR consecutivos (CICCONE et al., 2017; VANDERLEI et al., 2009).

Os índices geométricos mais utilizados no domínio do tempo são: o índice triangular e a Plotagem de Poincaré, de onde se obtém os seguintes índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 (VANDERLEI et al., 2009), que são descritos no Quadro 3.

Quadro 3 – Índices geométricos mais utilizados no domínio do tempo

| Variável | Significado | Definição |
|----------|-----------------------------|--|
| SD1 | <i>Standard deviation 1</i> | Desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento |
| SD2 | <i>Standard deviation 2</i> | Desvio-padrão em longo prazo dos intervalos RR contínuos |
| SD1/SD2 | <i>Ratio SD1/SD2</i> | Razão SD1/SD2 |

Fonte: Vanderlei et al. (2009).

Segundo Rajendra Acharya et al. (2006) o índice geométrico SD1 parece ser um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento, o índice SD2 representa a VFC em registros de longa duração; a relação de ambos (SD1/SD2) descreve a razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR.

No domínio da frequência, a análise da VFC é decomposta em componentes oscilatórios: componente de alta frequência (HF - *High Frequency*), valores entre 0,15 e 0,4 Hz, correspondendo à atuação do nervo vago no coração; componente de baixa frequência (LF - *Low Frequency*), com variação de 0,04 a 0,15 Hz, representando da ação conjunta dos componentes simpático e vagal sobre o coração, com predominância do simpático; componente de muito baixa frequência (VLF - *Very Low Frequency*) e ultrabaixa frequência (ULF - *Ultra Low Frequency*), índices pouco utilizados pois a explicação fisiológica não está bem estabelecida (VANDERLEI et al., 2009).

O balanço simpatovagal é representado na relação LF/HF, mostrando as modificações relativas e absolutas entre os componentes simpáticos e parassimpáticos do SNA (VANDERLEI et al., 2009).

Existe a possibilidade da análise dos componentes espectrais, que normalmente, é feita em valores absolutos de potência (ms^2). No entanto, os valores de HF e LF também podem ser apresentados através de unidades normalizadas (nu). Essa normalização dos dados no domínio da frequência pode ser utilizada para minimizar os efeitos das alterações da banda de VLF. Esse

valor de HF (nu) ou LF (nu) é determinado a partir da divisão da potência de um dado componente (LF ou HF) pelo espectro de potência total, subtraída do componente de VLF e multiplicada por 100. São calculados por meio das seguintes fórmulas: $HF(nu) = HF/(TP - VLF) \times 100$ e $LF(nu) = LF/(TP - VLF) \times 100$ (TASK FORCE, 1996; VANDERLEI et al., 2009).

Como resposta aguda ao esforço físico, a VFC é diminuída devido à redução da atividade parassimpática e ao aumento da ativação simpática (BUCHHEIT et al., 2009). Em repouso, pessoas treinadas apresentam valores de VFC maiores do que pessoas sedentárias, o que indica maior balanço simpátovagal, tendo o predomínio da atividade parassimpática nesta situação (GOLDBERGER, 1999).

Em trabalho realizado por Caldeira *et al.* (2013) foi avaliada a VFC em 13 pacientes tetraplégicos, 8 pacientes paraplégicos e 11 indivíduos sem LM. Foram realizadas medidas em duas posições: deitados em uma maca em decúbito dorsal e na posição ortostática com a inclinação da maca em 70 graus, ambos durante 15 minutos. Os resultados mostraram que na posição supina e na posição ortostática, o índice LF da VFC foi menor nos tetraplégicos comparado aos outros dois grupos. Neste trabalho foi evidenciado uma disfunção autonômica em tetraplégicos e os resultados em paraplégicos foram equivalentes ao grupo sem lesão.

Em um relato de casos conduzido por Barbosa e Belasco Junior (2011) com homens jovens com LM em diferentes regiões – T1, T3, T6 e T10 –, foi realizado teste de esforço incremental em ciclo ergômetro de membros superiores. Os batimentos cardíacos e a VFC foram registrados por um cardiófrequencímetro da marca Polar. O indivíduo com LM mais alta obteve maiores valores da VFC, utilizando o intervalo RR, no repouso e durante o esforço progressivo máximo. Os resultados sugerem que pessoas com LM mais alta possuem um maior déficit na ativação simpática.

Em estudo publicado em 2007, foi avaliado o controle autonômico cardíaco durante uma contração muscular isométrica em seis homens tetraplégicos, com idade média de $35,7 \pm 3,2$ anos e nove homens sem LM, com idade média de $33,8 \pm 2,2$ anos. Os tetraplégicos participavam regularmente de atividades como basquetebol ou tênis em cadeira de rodas. Antes de avaliar as respostas autonômicas, foi avaliada a carga máxima no exercício de flexão de cotovelos. Após 30 minutos, os avaliados tiveram que realizar uma contração isométrica, pelo maior tempo possível, com 35% da carga obtida no teste. Antes, durante e após a execução do exercício de força foram mensuradas as respostas simpáticas e parassimpáticas dos indivíduos através da análise da VFC. Na conclusão da pesquisa, os autores relatam que a ativação parassimpática em pessoas com LM durante o exercício foi semelhante à de pessoas sem lesão. Porém, o

aumento da FC no início do exercício e a recuperação da FC pós-exercício foram alteradas, devido à diminuição da ativação simpática nesta população (TAKAHASHI et al., 2007).

No trabalho conduzido por Claydon e Krassioukov (2008) verificou-se que indivíduos com LM cervical apresentavam menores valores da banda de baixa frequência em unidades normalizadas do que paraplégicos e pessoas sem LM, tanto na posição supina quanto na posição de cabeça para cima.

No estudo de Abreu et al. (2016) foi observado que pessoas com LM apresentam valores reduzidos dos índices intervalo RR, rMSSD, pNN50, SD1, LF, HF e HF (nu) no repouso quando comparados à indivíduos sem LM. No entanto, mostram valores superiores nos índices LF (nu) (76,2 vs. 67,9; $p=0,01$) e razão LF/HF (3,9 vs. 2,2; $p<0,001$).

Aubert et al. (2003) relatam que a utilização da VFC é uma excelente ferramenta para a detecção do *overtraining*. Diversos estudos demonstram que atletas com quadro de *overtraining* apresentam um desequilíbrio autonômico devido a uma alta sobrecarga de treino e inadequada recuperação, resultando em uma redução no rendimento esportivo (BUCHHEIT et al., 2009; HEDELIN et al., 2000; NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010).

Estudo conduzido por Mourot et al. (2004) contou com a participação de sete atletas sem LM, corredores de longa distância, motociclista e esquiadores *cross-country*) identificados com *overtraining*, oito pessoas sedentárias e oito pessoas treinadas. Os atletas com a síndrome do *overtraining* apresentavam valores de VFC próximos aos das pessoas sedentárias nos índices de atividade simpática.

Na tabela 1 são apresentados estudos sobre o controle autonômico através da VFC em pessoas com LM.

Tabela 1 – Estudos sobre controle autonômico através da variabilidade da frequência cardíaca em pessoas com lesão medular

| Autor/ano | Objetivo | Amostra | Desfecho | Método de mensuração | Índices avaliados | Conclusão |
|------------------------------|--|---|--|-----------------------------|---|---|
| INOUE et al. (1995) | Analisar a VFC de sujeitos tetraplégicos e paraplégicos do sexo masculino em repouso em decúbito dorsal | Tetraplégicos (n=15), paraplégicos (n=9) e controle (n=19) | VFC em repouso em decúbito dorsal | ECG | LF, HF e LF/HF | A disfunção dos nervos simpáticos para os vasos e/ou a supressão vagal compensatória podem afetar a VFC |
| BUNTEN et al. (1998) | Investigar a eficácia da análise da VFC como método de quantificação e caracterização do CAC em pacientes LM | Paraplegia (n=7), tetraplegia (n=6), controles saudáveis (n=13) | 24hr de acompanhamento ambulatório e ECG | ECG | Índices no domínio de tempo, amplitude e espectro de potência | A análise da VFC é capaz de distinguir entre LM ou indivíduos sem LM e entre pacientes tetraplégicos e paraplégicos |
| DITOR et al. (2005) | Examinar a reprodutibilidade cotidiana da VFC e VPA em repouso na LM | Paraplegia (n=4) e tetraplegia (n=6) | VFC em repouso 10min em posição supina | ECG | LF, HF e LF/HF | A VFC e a VPA podem ser usadas como índices reprodutíveis do CAC em indivíduos com LM |
| CLAYDON; KRASSIOU KOV (2008) | Avaliar função autonômica cardíaca na posição supina e ereta a partir de análises da VFC e VPA após a LM. | LM cervical (n=14), LM torácica (n=12) e controle (n=17) | VFC e VPA na posição supina e vertical | ECG | Intervalo R-R, LF, HF e LF/HF, VLF | A LME resulta em redução da ação do sistema simpático e possui atraso do barorreflexo em indivíduos com LME cervical e redução do tônus vagal cardíaco em indivíduos com LME torácica |

Continuação da Tabela 1 – Estudos sobre controle autonômico através da variabilidade da frequência cardíaca em pessoas com lesão medular

| | | | | | | |
|-------------------------------------|---|--|---|--|--|--|
| ROSADO- RIVEIRA et al. (2011) | Determinar a função cardiovascular e do SNA de 24 horas entre indivíduos com tetraplegia, paraplegia alta, paraplegia baixa e controles | Tetraplégicos (n=20), alta paraplegia (n=10), baixa paraplegia (n=9) e controle (n=10) | FC, PA e VFC de 24hr | Monitor Holter ECG | SDANN, rMSSD | A avaliação de 24 horas da função autonômica sugere diminuição do tônus vagal em indivíduos com baixa paraplegia. O CAC difere na tetraplegia e paraplegia |
| PATIL, CHILE; HAMDE (2012) | Análise estatística da variabilidade dos intervalos R-R em LM | Pessoas com LM (n=20), grupo controle (n=38) | VFC na posição supina ou sentada e com respiração de 5 segundos | Cinto transmissor de FC | Intervalo R-R, SDNN, RMSSD, pNN50 | Indivíduos com LM tem uma VFC muito baixa, não são capazes de suportar o estresse ortostático e possuem o sistema simpático alterado |
| SERRA- AÑÓ et al. (2015) | Explorar as diferenças na VFC, enquanto sentados, entre sujeitos saudáveis e paraplégicos | Paraplégicos (n=42) e controle (n=36) | VFC em repouso sentados | Monitor de frequência cardíaca 1000-Hz Suunto Oyt6 | Intervalo R-R, SDNN, rMSSD e pNN50, VLF, LF e HF, SD1 e SD2. | Foi encontrada uma alteração na VFC no grupo com paraplegia quando comparados ao grupo sem LM. |

Continuação da Tabela 1 – Estudos sobre controle autonômico através da variabilidade da frequência cardíaca em pessoas com lesão medular

| | | | | | | |
|--------------------------|--|---|---|--|--|---|
| ABREU et al. (2016) | Explorar as diferenças na modulação autonômica cardiovascular em indivíduos com e sem LM | LM abaixo de T6 (n=13), LM acima de T6 (n=17) e grupo controle (n=30) | VFC durante 10 min na posição sentada | Monitor de frequência cardíaca Polar RS800CX | SDNN, rMSSD, pNN50, LF, HF, LF/HF, Poincaré plot (SD1 e SD2) | LM acima de T6 apresentou maior comprometimento CAC em comparação ao LM abaixo de T6 e ao grupo controle. O grupo com LM abaixo de T6 também apresentou algum grau de disfunção do CAC. Todos os parâmetros, lineares ou não lineares, são adequados para demonstrar as diferenças entre a LM e o grupo controle. |
| RODRIGUE S et al. (2016) | Determinar a influência da LM e do nível neurológico na VFC e associar com a fadiga | Paraplegia (n=24) tetraplegia (n=21) e controles (n=44) | VFC após 40min de AF com fadiga | ECG | FC média, Intervalo R-R, SDNN, rMSSD, LF, HF, LF/HF | Indivíduos com níveis mais altos de LM são mais propensos a um controle cardiovascular alterado, com aumento da disfunção simpática |
| THAYER et al. (2016) | Examinar a relação entre VFC, PA e VPA (variabilidade da PA) | Tetraplégicos (n=10) e paraplégicos (n=10) e controle (n=14) | VFC no repouso + PA ambulatorial de 24hrs | ECG | pNN50, rMSSD, LF, HF, LF(nu), HF(nu), e LF/HF | Os danos nas vias simpáticas espinhais para o coração encontrados em pessoas com tetraplegia causam uma ruptura significativa no controle barorreflexo da PA |

Continuação da Tabela 1 – Estudos sobre controle autonômico através da variabilidade da frequência cardíaca em pessoas com lesão medular

| | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|---|-----|----------------|---|
| KYRIAKID ES et al. (2019) | Avaliar parâmetros da VFC no domínio da frequência em repouso e em resposta a provocações autonômicas posturais em indivíduos com LM e investigar as influências autonômicas no coração em diferentes AF | LM cervical completa (n=10), LM torácica (n=14) e CON (n=16) | VFC em repouso na posição supina e sentados | ECG | LF, HF e LF/HF | O CAC, depende do nível de lesão e pode ser avaliada pela VFC. Parâmetros de VFC de curto prazo podem fornecer medidas quantitativas de controle cardiovascular |
|---------------------------------|--|--|---|-----|----------------|---|

VFC = variabilidade da frequência cardíaca; ECG: eletrocardiograma; LM = lesão medular; SNA = sistema nervoso autônomo; FC = frequência cardíaca; PA = pressão arterial; VPA = variabilidade da pressão arterial; AF = atividade física; CAC = controle autonômico cardíaco; LF = *low frequency* (componente de baixa frequência); HF = *high frequency* (componente de alta frequência); LF/HF = razão LF/HF; Intervalo R-R = média dos intervalos de todos os batimentos normais; VLF = *very low frequency* (componente de muita baixa frequência); SDANN = desvio padrão das médias dos intervalos R-R; rMSSD = raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos R-R; SDNN = desvio padrão de todos os intervalos R-R; pNN50 = porcentagem dos intervalos R-R adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; SD1 = desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2 = desvio padrão em longo prazo dos intervalos RR contínuos; LF(nu) = componente de baixa frequência em unidades normalizadas; HF(nu) = componente de alta frequência em unidades normalizadas.

De acordo com Lima e Kiss (1999), durante a atividade física com cargas progressivas, a VFC reduz gradativamente até valores próximos de 50% a 60% do VO_2 pico, se estabilizando a partir deste momento, parecendo este fenômeno estar relacionado ao aparecimento do primeiro limiar ventilatório (LV_1). Esse ponto vem sendo denominado na literatura acadêmica como LiVFC, referindo-se à intensidade de esforço onde ocorre o término do predomínio da atividade parassimpática, e a partir deste instante passa a haver uma predominância simpática.

O LiVFC é considerado o momento da retirada vagal e incremento da atividade simpática para maximizar o aumento do débito cardíaco pela elevação da FC. Nesse instante não há variação significativa do volume sistólico. Pode ser considerado uma resposta reflexa para o aumento da demanda ventilatória com objetivo de eliminar o CO_2 produzido pelo organismo durante esforço progressivo (COTTIN et al., 2007; TULPPO et al., 1996; YAMAMOTO; HUGHSON; PETERSON, 1991).

Essa identificação do LV_1 através da estabilização da VFC também foram descritos por outros autores (NAKAMURA et al., 2005; YAMAMOTO; HUGHSON; PETERSON, 1991). Os limiares ventilatórios são utilizados como parâmetros de referência para a prescrição de exercícios e acompanhamento do treinamento físico (LIMA; KISS, 1999; WASSERMAN et al., 2005). O LV_1 é o momento que há o início da transição do metabolismo aeróbio para o metabolismo anaeróbio. Dessa forma, o LV_1 é considerado um marcador de transição entre domínios de intensidade de esforço leve a moderado (WASSERMAN et al., 2005).

Segundo Lima e Kiss (1999), o LiVFC pode ser identificado através do índice SD1, da VFC. Em exercícios com aumentos graduais da intensidade, a VFC diminui de acordo com o aumento da carga de trabalho até alcançar um valor menor que 3ms e, a partir deste ponto, há uma estabilização do valor da VFC. Este primeiro valor abaixo de 3ms é conhecido como LiVFC. Já Tulppo et al. (1997) sugerem que a identificação do LiVFC ocorre quando a diferença entre os valores de SD1 de dois estágios consecutivos forem menores que 1 ms. Para Karapetian et al. (2008), o LiVFC pode ser identificado através dos índices rMSSD e SD1, quando não há mais declínio da VFC, sinalizando assim a retirada vagal. Dessa forma, a carga de trabalho, o VO_2 , a FC e o percentual da $FC_{máx}$ neste momento passam a demarcar a transição entre o metabolismo aeróbio e anaeróbio, caracterizando o exercício antes deste ponto como moderado e após, como intenso (NAKAMURA et al., 2005).

O LiVFC mostra ser um método simples, não invasivo e menos dispendioso para ser utilizado na avaliação da capacidade aeróbia. Segundo Cunha et al. (2014), este pode ser um método mais aplicável no dia a dia do que a determinação do limiar ventilatório pela análise de gases em testes máximos.

Até o momento, poucos estudos analisaram o LiVFC em pessoas com LM. Em relato de caso, Silva et al. (2015) utilizaram o índice SD1 para calcular o LiVFC em um indivíduo com LM torácica. Autores destacam escassez de trabalhos usando a VFC para prescrição de treinamento em pessoas com LM (BUKER; OYARCE; PLAZA, 2018; CRUZ; BLAUWET, 2018). Na Tabela 2 são mostrados estudos sobre o LiVFC em diferentes populações.

Tabela 2 – Estudos envolvendo o LiVFC em diferentes populações

| Autor/Ano | Amostra (n) | Modalidade | Índice analisado | Protocolo | Método de análise | Conclusão |
|------------------------|--|-----------------------|-------------------------|--|--|--|
| LIMA & KISS (1999) | Homens (n=16) | Bicicleta ergométrica | Índices lineares | Carga inicial de 0 Kpm.min com incremento de 90 Kpm.min a cada minuto até a exaustão do voluntário | A primeira carga em que a média da VFC foi inferior a 3 ms | A curva da VFC pode ser usada para determinar o LiVFC na carga em que a média a cada 10s foi menor que 3 ms. |
| BRUNETTO et al. (2008) | Adolescentes obesos (n=10), Adolescentes não-obesos (n=19) | Esteira | SD1 | Utilizou-se o protocolo de Bruce com incremento progressivo de carga de trabalho a cada 3 minutos | Quando SD1 atingiu valor menor que 3 ms | Não encontrou relação entre o LV ₁ e o LiVFC |
| COTTIN et al. (2007) | Jogadores de futebol (n=12) | Pista de corrida | HF | A velocidade inicial foi de 8 km/h com aumento de 0,5km a cada 20 metros | Comparação entre LV ₁ e LiVFC | É possível avaliar o LV ₁ através do LiVFC, através do índice HF |

Continuação da Tabela 2 – Estudos envolvendo o LiVFC em diferentes populações

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|----------------|-------------|---|---|--|
| PASCHOAL; FONTANA (2011) | Pré-adolescentes obesos, não obesos e obesos mórbidos (n=30) | Esteira | SD1 | A velocidade inicial foi de 2km/h com aumento de 0,5km por minuto | O primeiro valor onde SD1 foi menor que 3 ms | O LiVFC se mostrou eficiente para a avaliação da capacidade cardiorrespiratória |
| SALES et al. (2011) | Indivíduos com diabetes mellitus tipo 2 (n=9), indivíduos saudáveis (n=10) | Cicloergômetro | rMSSD e SD1 | Carga inicial de 15w, aumento de 15w a cada 3 min., os indivíduos deveriam manter uma velocidade de 60 rpm | O LiVFC foi determinado quando a diferença do rMSSD ou SD1 em dois intervalados consecutivos era menor que 1 ms | O método da LiVFC através do índice SD1 e do rMSSD é válido e confiável para portadores de diabetes tipo 2 |
| CARUSO et al. (2012) | Indivíduos com DPOC (n=8) | Cicloergômetro | rMSSD | A potência inicial foi de 4w com incrementos de 5w por minuto até o paciente atingir o limiar anaeróbico | Acompanhando o comportamento dos valores de rMSSD | A VFC dos indivíduos com DPOC apresentou- se reduzida durante o esforço |

Continuação da Tabela 2 – Estudos envolvendo o LiVFC em diferentes populações

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------------|-------------------|---|--|---|
| DOURADO; GUERRA (2013) | Indivíduos saudáveis, Mulheres (n=17) e homens (n=14) | Caminhada | SD1 | Andar por um corredor plano de 10m a velocidades progressivas estimuladas por sinais até a exaustão | O LiVFC foi determinado quando a diferença foi menor que 1 ms entre dois batimentos consecutivos | O estudo demonstra que o método da VFC através do índice SD1 é válido e confiável para adultos e idosos |
| CUNHA et al. (CUNHA et al., 2014) | Estudantes universitários (homens) n=16 | Bicicleta, corrida e caminhada | SD1 | Os incrementos de taxa de trabalho foram individualizados de 8 a 12 minutos | Quando SD1 foi menor que 3 ms | A comparação entre LV ₁ e LiVFC parece ser um método preciso durante TCPE |
| CANDIDO et al. (2015) | Homens saudáveis (n=12) | Simulador de ciclismo | SD1, rMSSD e SDNN | Carga inicial de 25 w, com incremento de 25 w a cada 3 minutos até a fadiga, com 60rpm | Estabilização de rMSSD, SDNN ou SD1 | rMSSD e SD1 são válidos para estimar o LV ₁ |

Continuação da Tabela 2 – Estudos envolvendo o LiVFC em diferentes populações

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------|-------------|--|--|---|
| VASCONCELLOS et al. (2015a) | Adolescentes obesos (n=25), eutróficos (n=10) | Bicicleta ergométrica | rMSSD | Início com P=25w e a cada minuto houve aumento de 10w | Ponto de deflexão do índice rMSSD | LV ₁ e do LiVFC tem valores similares para adolescentes obesos e eutróficos |
| SIMÕES et al. (2016) | Homens com doença arterial coronariana (n=12), homens saudáveis (n=10) | Treinamento de força | SD1 e rMSSD | O exercício iniciou com uma carga de 10% de 1RM, com aumentos de 10% até atingir uma carga de 30%. Posteriormente, foram utilizados incrementos de 5% de 1RM | Estabilização do rMSSD e do SD1 entre dois estágios consecutivos | A VFC parece ser uma ferramenta eficaz para estimar o limiar de lactato durante o exercício resistido descontinuo em pacientes com doença arterial coronariana. |
| RAMOS-CAMPO et al. (2017) | Jogadores de basquete (n=24) | Esteira | HF | Velocidade inicial foi de 7 Km/h e aumentada de 1km a cada min | Comparação entre VO ₂ , FC e velocidade de corrida | Foi encontrada uma forte correlação entre LV ₁ e LiVFC |

Continuação da Tabela 2 – Estudos envolvendo o LiVFC em diferentes populações

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|----------|---|---|---|
| MANKOWOSKI et al. (2017) | Indivíduos saudáveis moderadamente treinados (n=11) | Bicicleta ergométrica | rMSSD | Carga de trabalho aumentava com uma inclinação de 1,8W/ 6 s para homens e 1,2W/ 6 s para mulheres. Com velocidade entre 60-80 rpm | O segundo LiVFC foi determinado através de inspeção visual e se deu quando o índice rMSSD teve um aumento anormal após ter atingido um valor mínimo | Que os valores do LV2 e LiVFC2 são reprodutíveis em condições normóxicas |
| GRANNELL; VITO (2017) | Indivíduos treinados (n=10) | Cicloergômetro | SD1 e HF | Teste incremental em cicloergômetro, carga inicial de 50w, com aumento de 20w/min. Velocidade de 80rpm. Os voluntários realizaram o teste até a exaustão | Estabilização do SD1 e de HF | Não encontrou uma correlação entre o LV ₁ e a estabilização do índice SD1. Já com a estabilização do índice HF foi encontrada uma forte correlação |

Continuação da Tabela 2 – Estudos envolvendo o LiVFC em diferentes populações

| | | | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------|-------------|---|--|--|
| SHIRAIISHI et al. (2018) | Indivíduos saudáveis (n=30), Indivíduos com infarto (n=35) | Esteira | HF e LF | Foi utilizado o protocolo de rampa com observação simultânea dos espectros de energia da VFC em outro computador | O LiVFC ocorreu quando houve a conversão de HF para LF | A análise da VFC permite a visualização em tempo real nos espectros de potência |
| NOVELLI et al. (2019) | Homens (n=51) e mulheres (n=17), ambos destreinados | Bicicleta ergométrica | SD1 e rMSSD | O teste começou com uma carga de trabalho de 15w e houve um incremento de 15w a cada minuto, mantendo rotação de 60 rpm até exaustão voluntária | SD1 < 3 ms e rMSSD na primeira intensidade < 1 ms entre 2 valores consecutivos | Independente dos métodos de determinação do LiVFC e dos índices utilizados, o estudo mostrou uma boa reprodutibilidade |

LiVFC = limiar da variabilidade da frequência cardíaca; VFC: Variabilidade da frequência cardíaca; w=watts; HF = *high frequency* (componente de alta frequência); LV₁ = primeiro limiar ventilatório; SD1 = desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; DPOC = doença pulmonar obstrutiva crônica; rMSSD = raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos R-R; TCPE=teste cardiopulmonar de esforço; P = potência; Km/h = quilômetros por hora; VO₂ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; LV₂ = segundo limiar ventilatório; LiVFC = segundo limiar da variabilidade da frequência cardíaca; LF = *low frequency* (componente de baixa frequência); rpm= rotações por minuto; min=minuto; s=segundos;

A FC e a VFC na recuperação após exercícios são comumente utilizadas como métodos para avaliação da reativação parassimpática cardiovascular. Quanto maior essa recuperação menores são os riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (BUCHHEIT et al., 2007).

A reativação parassimpática é maior em indivíduos treinados quando comparados a não treinados (WECHT et al., 2006). Isso foi mostrado no estudo que contou com 18 homens paraplégicos (nove treinados e nove sedentários), onde indivíduos treinados tiveram uma maior recuperação da VFC após esforço máximo ($P < 0,05$) (WECHT et al., 2006). Respostas semelhantes são mostradas no estudo de Duarte et al. (2015) onde homens jovens com maior $VO_{2máx}$ apresentam melhor reativação parassimpática após teste exercício incremental comparados a indivíduos com $VO_{2máx}$ mais baixo.

Em trabalho com 20 homens saudáveis foi mostrado que o treinamento aeróbio quatro vezes por semana, durante 6 semanas, pode melhorar as respostas da reativação parassimpática (YAMAMOTO et al., 2001). Respostas semelhantes também foram encontradas em atletas por Bonaduce et al. (1998). No entanto, Paschoal et al. (2012) não encontraram diferenças significativas em jovens sedentárias após 12 sessões de treinamento aeróbio de 40 minutos a 65% da FC de pico.

Para considerar a reativação parassimpática, normalmente, o índice no domínio do tempo utilizado é o rMSSD (TASK FORCE, 1996). Estudos com diferentes populações têm utilizado o mesmo índice como Cunha et al. (2015) com jovens universitários, Buchheit et al. (2006) com pessoas entre 24 e 46 anos e Abreu et al. (2016) com tetraplégicos. Em revisão sistemática, Stanley et al. (2013) mostram estudos com pessoas sedentárias, ativos e atletas citando que este índice é o mais confiável para tal análise.

1.6 A prática de exercícios físicos entre pessoas com lesão medular

Estratégias para melhorar a saúde da pessoa com deficiência tem sido empregadas para reinserir o indivíduo com limitação ao convívio social e melhorar a qualidade de vida. A prática esportiva se mostra uma ferramenta importante e eficiente nesse processo de ressocialização,

ajudando a superar problemas psicológicos e melhorando sua saúde (BLAUWET; WILLICK, 2012).

A prática de exercício físico e atividade física traz diversos benefícios à saúde, onde estudos demonstram uma resposta positiva na melhora da capacidade cardiorrespiratória, força muscular, flexibilidade, habilidades motoras e prevenção de diversas doenças crônicas, além dos benefícios psicológicos que incluem a melhora da autoimagem, consciência corporal, desenvolvimento motor e humor (GRANGER et al., 2017; KOO; LEE, 2015; WARBURTON; BREDIN, 2017).

A capacidade de movimentar-se é importante para o convívio social, no entanto pessoas com deficiências físicas, principalmente, possuem maiores restrições e dificuldades de mobilidade, levando a piores condições para alcançarem uma melhor qualidade de vida. Dentro desta perspectiva, a prática esportiva se torna uma ferramenta em busca de uma boa qualidade de vida melhorando sua participação na sociedade e considerando fatores psicossociais no processo de reabilitação e inclusão social, permitindo que tenham a oportunidade de se integrar ao mundo de forma saudável (HOUDIJK; JANSSEN, 2017; MCVEIGH; HITZIG; CRAVEN, 2009; NOCE et al., 2009). Labroncini et al. (2000) também demonstraram que a prática de basquetebol em cadeira de rodas ou natação melhorava os aspectos sociais de pessoas com deficiência física.

Em revisão de literatura, Brazuna e Castro (2001) buscaram identificar quais elementos de incentivo eram os mais importantes para o ingresso no esporte de pessoas com diferentes tipos de deficiência. Para tal, utilizaram-se de quatro categorias: reabilitação, oportunidade social, recrutamento e continuidade no esporte. Os resultados mostraram que o ingresso, na maior parte das vezes, é motivado inicialmente pela necessidade médica, porém devido à frequente ascensão para o esporte de alto rendimento, esta passa a ser a maior motivação para a continuidade da prática esportiva.

O esporte para pessoas com deficiência tem se desenvolvido de forma acentuada nos últimos tempos, evoluindo quanti e qualitativamente. Essa constatação pode ser confirmada, por exemplo, com os Jogos Paralímpicos, que representam o maior símbolo do esporte para pessoas com deficiência. Os jogos foram organizados pela primeira vez em 1960, na cidade de Roma. Desde então, vem sendo organizado nos mesmos anos dos Jogos Olímpicos, porém só em 1988, em Seul, na Coreia do Sul, começaram a ser sediados nas mesmas cidades do Jogos para pessoas sem deficiência. Na primeira edição dos Jogos Paralímpicos houve a participação de 400 atletas de 23 países, já os Jogos Rio 2016 contaram com a participação de mais de 4 mil

atletas de 176 países, atraindo mais de 2 milhões de espectadores, sendo considerado o maior da história (IPC, 2019).

Diversos são os esportes para pessoas com LM. Mello e Winckler (2012) relatam que as modalidades presentes nos Jogos Paralímpicos de Verão em que esta população pode participar são atletismo, bocha, ciclismo, basquete em cadeira de rodas, esgrima, halterofilismo, hipismo, natação, parabadminton, paracanoagem, remo, rugby em cadeira de rodas, tênis em cadeira de rodas, tênis de mesa, tiro com arco, tiro esportivo, triatlo, vela e vôlei sentado.

A participação em determinados esportes depende de critérios como a altura da lesão e seu comprometimento. Alguns esportes são voltados para pessoas com lesões mais altas, como o rugby em cadeira de rodas e a bocha, outros para indivíduos com lesões mais baixas, como o basquete em cadeira de rodas e a esgrima em cadeira de rodas (MELLO; WINCKLER, 2012). Diversos outros esportes podem ser praticados por pessoas com LM, porém não fazem parte do programa Paralímpico, como o handebol em cadeira de rodas (GRECO; ROMERO, 2012).

Esse maior engajamento da pessoa com deficiência no meio esportivo fez com que as regras dos esportes fossem adaptadas, assim como os equipamentos. Estas adaptações ocorreram o intuito de melhorar o domínio das técnicas, visando melhores resultados no cotidiano e no esporte. Além disso, aspectos relacionados com a melhora da *performance* esportiva têm sido desenvolvidos ao longo do tempo (HADDAD et al., 1997).

Não só no meio esportivo tem se criado propostas para melhora da *performance* do atleta com deficiência. Há anos, diretrizes baseadas em evidências para prescrição de exercícios físicos pensando na melhora do desempenho esportivo e da saúde na população em geral orientando quanto ao volume, à intensidade e frequência semanal do treinamento (ACSM, 2018; TREMBLAY; SHEPHARD; BRAWLEY, 2007). Porém poucas são específicas para pessoas com LM (GINIS et al., 2018).

Em 2011, foi publicada uma diretriz para prática de exercícios físicos para pessoas com LM orientando a realização de exercícios aeróbicos duas vezes por semana por 20 minutos, em intensidade de moderada a vigorosa e exercícios de força dois dias na semana, priorizando exercícios para os grandes grupamentos musculares, entre 8 e 10 repetições (GINIS et al., 2011). Já em uma recomendação mais atual, alguns autores indicam, para melhora da aptidão cardiorrespiratória e força muscular, realizar os mesmos 20 minutos de atividade aeróbia em intensidade moderada a vigorosa, duas vezes por semana e 3 séries de exercícios de força para cada grupo muscular, com intensidade moderada e alta, duas vezes por semana (GINIS et al., 2018). Para melhorar a saúde cardiometabólica, os autores sugerem 30 minutos de atividade aeróbia, 3 vezes por semana (GINIS et al., 2018; GOOSEY-TOLFREY et al., 2018).

A capacidade cardiorrespiratória junto com a força, resistência muscular, flexibilidade e composição corporal são componentes que constituem a aptidão física relacionada à saúde segundo as diretrizes do *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2018).

O conhecimento da aptidão cardiorrespiratória com monitoração dos sinais eletrocardiográficos e da ventilação pulmonar (VE) são de extrema importância para análise da saúde e do desempenho atlético, de forma a estabelecer condutas adequadas para prescrição dos exercícios físicos nesta população (GOOSEY-TOLFREY; CASTLE; WEBBORN, 2006). Além disso, permite avaliar os riscos à saúde relacionados aos distúrbios cardiovasculares como cardiopatias, hipertensão arterial sistêmica, entre outros (HERDY et al., 2016).

Em exercícios com intensidades progressivas, a VE aumenta ao mesmo tempo que o aumento da intensidade da carga de trabalho. Ocorre um aumento linear do VO_2 e do VCO_2 . Wasserman et al. (2005) definiram o LV_1 como o ponto onde acontece o aumento da VE de maneira não linear ao aumento do VO_2 . Alguns autores comentam em seus trabalhos que exercícios com intensidades abaixo do LV_1 são considerados leves ou moderados e acima do LV_1 são considerados como pesados ou vigorosos (BURNLEY; JONES, 2007; MEZZANI et al., 2013).

Como o LiVFC tem se mostrado um bom instrumento para identificação do LV_1 em diferentes populações, caso ele se mostre com a mesma eficiência em indivíduos com LM, poderá ser utilizado como mais uma ferramenta para o controle das cargas de treinamento nesse público.

1.7 Justificativas

1.7.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação

O quantitativo de pessoas com deficiência envolvidas na prática de exercícios físicos e esportes vem crescendo exponencialmente ao longo dos anos, porém os estudos envolvendo essa população ainda são escassos, evidenciando um grande contrassenso. Infelizmente, a prática de exercícios físicos voltadas para pessoas com LM ainda é uma área subexplorada no meio científico, frente às inúmeras possibilidades de desfechos que podem ser estudados para se conhecer e entender melhor as particularidades e as necessidades desses indivíduos.

Sabendo que alterações no sistema nervoso autônomo (SNA) estão associadas ao aparecimento de doenças cardiovasculares e ao aumento do risco de morte (TASK FORCE, 1996), conhecer as respostas autonômicas de pessoas com LM, em diferentes situações, se torna de extrema importância para prescrição de exercícios de forma segura e efetiva.

A utilização de um instrumento mais simples e com menor custo do que o ECG, o cardiofrequencímetro, para análise dos índices da VFC em pessoas com LM traz relevância para esta pesquisa. Visto que o cardiofrequencímetro também pode ser utilizado fora do ambiente laboratorial.

A realização desta pesquisa, utilizando a análise do comportamento da VFC no repouso, durante e após um exercício progressivo poderá fornecer informações relevantes quanto as características e respostas desta população frente à essas condições. Assim, profissionais da área da saúde como: profissionais de educação física, médicos, fisioterapeutas e de demais profissões poderão se apropriar de informações mais concretas para traçar estratégias para o acompanhamento, tratamento, treinamento físico e reabilitação de pessoas com LM.

1.7.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde

O presente estudo segue de acordo com a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde, pois tem como público alvo indivíduos com LM que possuem maiores limitações físicas, sociais e emocionais, além de uma pior aptidão física relacionada a saúde e menor participação social (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018). Sendo assim, fazendo parte de um grupo social vulnerável e desfavorecido pela sociedade.

Nossa pesquisa visa investigar o controle autonômico cardíaco de pessoas com LM para que a seleção dos exercícios físicos, bem como a prescrição do treinamento sejam feitos de acordo com as necessidades dessa população. Estratégias para melhorar o estado geral de saúde e a participação social do indivíduo com LM, são necessárias para promover bem estar, inclusão social e a busca de melhorias que diminuam o preconceito e falta de informação sobre a pessoa com deficiência.

O conhecimento de variáveis fisiológicas como é o controle autonômico cardíaco, contribuirá para a melhor compreensão de aspetos relacionados a saúde de indivíduos com LM.

1.7.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável

Essa pesquisa possui relevância para o desenvolvimento sustentável, da Organização das Nações Unidas (ONU), de acordo com o objetivo número 3 da agenda 2030, assegurando uma vida saudável e promovendo o bem-estar para todas e todos, em todas as idades (LEE et al., 2016; ONU. UNITED NATIONS, 2020).

A prática de exercícios físicos é uma estratégia que tem crescido entre indivíduos com deficiência, com objetivos que vão desde a reabilitação ao esporte de alto rendimento. Considerando a alta prevalência do sedentarismo na população de pessoas com deficiência, o que resulta no aumento da morbimortalidade por causas cardiovasculares e dos riscos de doenças crônicas não-transmissíveis, a adesão desta prática deve alcançar a maior parte da sociedade mundial.

1.8 Objetivos

1.8.1 Primário/Geral

Avaliar o controle autonômico cardíaco em repouso, durante o teste cardiopulmonar de esforço máximo e imediatamente após o esforço de indivíduos com LM.

1.8.2 Secundários/Específicos

1. Comparar o controle autonômico cardíaco em repouso, durante o esforço e imediatamente após o esforço, por meio de índices da VFC de indivíduos fisicamente ativos com LM e indivíduos fisicamente ativos sem LM.
2. Investigar se existe concordância entre o primeiro limiar ventilatório, obtido por meio do teste de esforço cardiopulmonar máximo, e o LiVFC obtido por meio do eletrocardiograma em indivíduos com LM.
3. Investigar a validade entre o eletrocardiograma e o cardiofrequencímetro para identificar o LiVFC.

4. Investigar a relação entre os índices da VFC em repouso com a reativação parassimpática após teste de esforço cardiopulmonar máximo em indivíduos com LM.

1.9 Hipóteses

Indivíduos com LM apresentam pior controle autonômico cardíaco em repouso, durante e após exercício do que indivíduos sem LM.

O LiVFC é um método válido para estimar o LV_1 em indivíduos com LM.

O cardiofrequencímetro é um instrumento válido para identificar o LiVFC em indivíduos com LM.

A reativação parassimpática pós-exercício é dependente da atividade vagal em repouso da FC, ou seja, os marcadores vagais em repouso influenciam a reativação parassimpática.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Este protocolo de pesquisa foi submetido e aprovado (CAAE: 37041520.4.0000.5235) ao Comitê de Ética antes da execução do estudo, em consonância com a resolução 466/2012. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

2.2 Delineamento do estudo

Foi realizado um estudo um estudo observacional do tipo seccional.

2.2.1 Local de realização do estudo

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Esforço Cardiopulmonar do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta (PPGCR-UNISUAM) situado na Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP 21041-010.

2.3 Amostra

2.3.1 Local de recrutamento do estudo

Os indivíduos com LM que participaram desse estudo foram recrutados por conveniência junto à duas equipes. Os nove participantes com tetraplegia fazem parte da Santer Vikings Rugby, equipe sediada na cidade do Rio de Janeiro, que participa na primeira divisão do Campeonato Brasileiro de Rugby em Cadeira de Rodas. Ressalta-se que a Santer Vikings Rugby é a única equipe de rugby em cadeira de rodas do Rio de Janeiro. Os oito participantes

com paraplegia fazem parte da equipe Adpatbasquete, equipe recreativa de basquete em cadeira de rodas também sediada no Rio de Janeiro. O PPGCR da UNISUAM possui parceria técnico-científica com as duas instituições. Por se tratar de uma amostra por conveniência, não foi feito o cálculo do tamanho amostral.

Para a composição do grupo sem lesão medular, foi selecionada uma amostra aleatória, com 10 participantes, recrutada por meio da divulgação verbal do estudo pelos pesquisadores envolvidos. Os participantes foram selecionados considerando as variáveis idade e nível de atividade física de acordo com a classificação do *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) versão curta, na sua versão traduzida e validada para o português (MATSUDO et al., 2012).

2.3.2 Critérios de inclusão

Inclusão para os dois grupos do estudo:

1. Faixa etária ≥ 18 anos;
2. Homens.

Para o grupo de indivíduos com LM:

3. Tetraplegia incompleta;
4. Paraplegia;
5. Prática de esporte (rugby em cadeira e rodas ou basquete em cadeira de rodas) há pelo menos três meses.

Para o grupo de indivíduos sem LM:

6. Indivíduos classificados como “irregularmente ativo”, “ativo” ou “muito ativo” a partir do preenchimento do questionário IPAQ versão curta (*International Physical Activity Questionnaire*) (MATSUDO et al., 2012).

2.3.3 Critérios de exclusão

1. Uso de substâncias que pudessem influenciar a resposta da frequência cardíaca em qualquer fase considerada para a análise, tal como beta-bloqueadores, simpatomiméticos e simpatolíticos.
2. Indivíduos com limitações articulares/ dor musculoesquelética que impedisse a execução das manobras necessárias do teste cardiopulmonar de esforço.

2.4 Procedimentos/Metodologia proposta

2.4.1 Informações demográficas, deficiência física e treinamento físico desportivo

Para a obtenção dos dados demográficos e das informações relativas à deficiência, os participantes preencheram um questionário previamente utilizado em estudos relacionados à linha de pesquisa “Reabilitação no esporte e no esporte adaptado” do PPGCR – UNISUAM (Apêndice B).

A rotina de treinamento desportivo foi caracterizada por meio do preenchimento de um questionário também utilizado em estudos prévios do PPGCR-UNISUAM, conforme consta no Apêndice C. Foram abordadas questões relativas ao tempo de prática de esportes, modalidade esportiva atual, frequência e duração dos treinamentos.

2.4.2 Antropometria

Foi utilizado o método antropométrico, por meio da realização de medidas de massa corporal total e estatura, conforme descrito abaixo:

a) Massa corporal total (MCT; kg) – Foi medida em uma balança eletrônica adaptada para pessoas usuárias de cadeira de rodas (Micheletti; Brasil; capacidade máxima= 300 kg; precisão=100g). Esta balança apresenta a base maior em relação às balanças convencionais, possibilitando que a medida da MCT seja feita com o indivíduo na sua própria cadeira de rodas. A MCT foi determinada pela diferença entre o valor obtido com o indivíduo na cadeira de rodas (kg) menos o valor da cadeira de rodas (kg). Para o grupo controle, a medida foi realizada em

uma balança (FILIZOLA; Brasil; 0,1 kg), com os participantes descalços, utilizando roupas leves.

b) Estatura (cm) – Para as pessoas com LM foi determinada através da medida do comprimento do corpo, com o indivíduo em decúbito dorsal com os braços estendidos sobre uma maca, descalço e com a cabeça livre de adereços. A cabeça foi posicionada no plano de Frankfurt. A estatura foi o somatório de distâncias de segmentos entre o plano da planta dos pés e o plano do vértex. Os pontos foram medidos com paquímetro de haste longa (Sanny; Brasil; 0,1 cm). No grupo controle, a medida de estatura foi realizada em um estadiômetro acoplado à balança (FILIZOLA; Brasil; 0,5 cm), também com os participantes descalços, com a cabeça alinhada segundo o plano de *Frankfurt*.

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado pelo peso (kg)/altura² (m). Este índice é utilizado para avaliar o estado nutricional de um indivíduo. O IMC é considerado a medida mais comumente empregada em estudos de grupos populacionais, incluindo pessoas com LM (GUPTA; WHITE; SANDFORD, 2006; LAUGHTON et al., 2009).

Todas as medidas foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos pela Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (*International Society for Advancement in Kinanthropometry*; ISAK) (NORTON; OLDS, 2005).

2.4.3 Avaliação do Controle Autônomo Cardíaco e das Variáveis Cardiopulmonares

O controle autônomo cardíaco foi investigado pela análise de índices da variabilidade da frequência cardíaca, obtidos por meio da contagem de intervalos R-R (ms). Os intervalos R-R foram obtidos por meio do eletrocardiograma e de um monitor cardíaco (cardiofrequencímetro), em três momentos: repouso (pré-esforço), durante o esforço progressivo e imediatamente pós-esforço (recuperação). Em todos os momentos considerados os participantes do estudo estiveram na posição sentada.

Os sinais eletrocardiográficos foram registrados e armazenados em tempo real durante os três momentos considerados, utilizando-se o protocolo de 12 derivações (Figura 2) (*software Ergomet*; Micromed; Brasil). Esses sinais foram transferidos para o computador com uma frequência de 1000 hz e unidade de tempo de 1 ms. Para tal, foram utilizados eletrodos de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) descartáveis (3M; Brasil). Antes da colocação dos eletrodos,

a pele foi devidamente preparada e tricotomizada com auxílio de algodão ou gaze, de forma a minimizar a possibilidade de ruídos sobretudo durante o esforço. Os dados do ECG foram analisados off-line por dois avaliadores experientes, que identificaram o pico R de cada complexo QRS. Os intervalos R-R foram convertidos para o formato .EDF para posterior análise no software Kubios Premium.



Figura 2 – Posicionamento da máscara, pneumotacógrafo, cinta do cardiofrequencímetro e eletrodos para a coleta das variáveis do estudo

Na utilização do cardiofrequencímetro, o cinto transmissor, que foi colocado logo abaixo do tórax do avaliado registrou os batimentos cardíacos e os intervalos R-R também nos três momentos considerados. Essas informações foram transmitidas para o receptor de pulso, que por sua vez foram digitalizadas, exibidas e arquivadas. Para tal, foi utilizado um cardiofrequencímetro da marca Polar, modelo V800 (Polar Electro Oy – Kempele, Finlândia). Os arquivos de registro foram transferidos para o *software* Polar *Flow* que permitiu a análise

no tempo transcorrido (ms) entre os intervalos R-R e com frequência de 1000 hz nas diferentes situações registradas. Os dados dos intervalos R-R foram convertidos para o formato de texto para posterior análise.

Os intervalos R-R para análise da VFC foram processados conforme as recomendações do *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* (TASK FORCE, 1996). O *software* Kubios HRV Premium versão 3.3 (*Biomedical Signal Analysis Group*, Departamento de Física Aplicada da Universidade de Kuopio, Kuopio, Finlândia) foi utilizado para calcular os índices da VFC. Uma Transformada Rápida de Fourier (método de Welch) com uma janela de Hanning e sobreposição de 50% foi usada para estimar o espectro de densidade de potência da variabilidade do intervalo RR usando o *software* Kubios HRV. Para correção dos artefatos, como batimentos ectópicos, detecção de batimentos ausentes ou não detecção de batimentos existentes, foi utilizado o filtro médio do *software* como usado em outros estudos (NOVELLI et al., 2019; SOUZA et al., 2013).

Para análise no domínio do tempo foram utilizadas as medidas dos intervalos R-R, SDNN, rMSSD, pNN50 e SD1. Para análise do domínio da frequência, a função de densidade do espectro de potência foi integrada nas duas faixas de frequência clássicas, da seguinte maneira: banda de baixa frequência (LF) foi utilizada como marcador de atividade do sistema nervoso simpático, ao mesmo momento que a banda de alta frequência (HF) foi usada como um índice de modulação vagal. Os valores espectrais foram apresentados como unidades normalizadas. A relação LF:HF foi adotada como índice de equilíbrio simpatovagal.

Para análise do controle autonômico cardíaco no repouso, os participantes do estudo foram orientados a não realizar qualquer atividade física no período de 24 horas antes do teste, não ingerirem bebidas alcoólicas e cafeína por pelo menos 8 horas antes. A avaliação foi realizada com os indivíduos sentados em posição confortável (lesados medulares: cadeira de rodas; controles: cadeira convencional), em um laboratório climatizado (entre 21 e 23 graus Celsius), com boa iluminação e silencioso. Os registros dos intervalos R-R pelo eletrocardiograma e cardiofrequencímetro foram feitos por um período de 40 minutos, porém para fins de análise somente os últimos 5 minutos foram considerados como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Aspecto visual do repouso no *software* Kubios

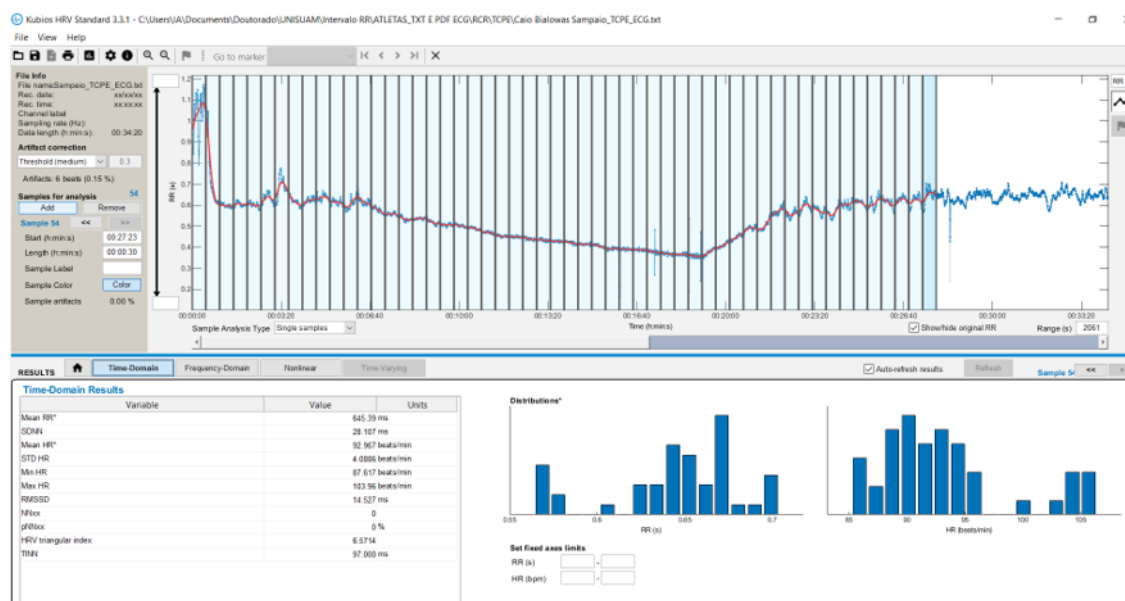
Fonte: *Software* Kubios

Os participantes do estudo foram orientados a não realizar movimentos bruscos, tossir e/ou dormir durante os 40 minutos de registro. Na eventual ocorrência destes ou demais eventos que pudessem influenciar o controle autonômico cardíaco, o momento de ocorrência foi anotado e considerado posteriormente na análise dos dados. Ao mesmo tempo que foram registrados os dados dos intervalos R-R pelo eletrocardiograma e cardiofrequencímetro foi realizada a avaliação do VO_2 de repouso. O VO_2 em repouso foi calculado de acordo com as recomendações de Compher et al. (2006) e Cunha et al. (2013). O VO_2 em repouso foi considerado como a média dos últimos 5 minutos.

Para a avaliação do controle autonômico cardíaco em esforço, foi realizado um teste cardiopulmonar de esforço progressivo (TCPE) em um cicloergômetro para membros superiores (Top Excite; Technogym; Itália). Para os tetraplégicos, o protocolo utilizado foi baseado na classificação funcional da modalidade rugby em cadeira de rodas (IWRF, 2019). O protocolo consistiu em: a carga inicial de 20w, aumentando 2w/min para os atletas com classificação funcional para a modalidade menor ou igual a 2,0 (menor funcionalidade) e 5w/min para aqueles com a classificação funcional maior ou igual que 2,5 (maior funcionalidade), para os paraplégicos e para o grupo controle. A ciclagem deveria ser mantida entre 50 e 60 rpm durante todo o teste. Este protocolo foi adaptado do protocolo proposto por Campos (2013).

Para determinação do LiVFC, os intervalos R-R foram calculados em janelas de 30 segundos durante o TCPE. Para a identificação do LiVFC foi considerado o seguinte critério: primeira intensidade de exercício da curva da VFC, em que a diferença entre o valor de SD1 de dois estágios consecutivos seja menor que 1ms. Este índice foi utilizado em estudos anteriores (CUNHA et al., 2014; DOURADO; GUERRA, 2013; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008). A Figura 4 mostra as janelas de 30 segundos no *software* utilizado.

Figura 4 – Aspecto visual do *software* Kubios durante e após o TCPE



Fonte: *Software* Kubios

Para a análise metabólica dos gases ventilatórios foi utilizado um analisador metabólico de gases (Medical Graphics; VO2000; Estados Unidos). A avaliação da vazão respiratória em tempo real foi realizada utilizando um pneumotacógrafo de fluxo médio, acoplado a um bocal. A ventilação pulmonar e as frações expiradas de O₂ e CO₂ foram medidas respiração-a-respiração (*breath by breath*) e armazenadas e plotadas como a média de 30 segundos pelo *software* Ergomet (Micromed; Brasil). O TCPE teve a característica sintoma-limitante e foi interrompido por solicitação do avaliado ou no aparecimento de algum critério de interrupção, de acordo com o *American College of Sports Medicine* (2018).

Os testes foram considerados máximos caso os avaliados atendessem a pelo menos três dos quatro critérios a seguir: a) exaustão voluntária máxima definida pela obtenção de 10 na escala Borg, na escala de 0-10; b) 90% da FCmax prevista [220 - idade] ou presença de um platô de frequência cardíaca (ΔFC entre duas taxas de trabalho consecutivas ≤ 4 bpm); c)

presença de um plano VO_2 (ΔVO_2 entre duas taxas de trabalho consecutivas inferiores a $2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); d) razão de troca respiratória máxima ($R_{\text{max}} > 1,10$) (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995).

Para fins de análise, as seguintes variáveis foram consideradas: consumo de oxigênio de pico (VO_2 pico) relativo ($\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) e absoluto (L/min), ventilação pulmonar (VE ; L/min), tempo total de esforço (min); primeiro limiar ventilatório (LV_1) e segundo limiar ventilatório (LV_2).

O LV_1 foi identificado de acordo com as recomendações propostas por Gaskill et al. (2001), que incluem a combinação de três métodos: (i) método dos equivalentes ventilatórios; (ii) método do excesso de dióxido de carbono e (iii) método do V-slope modificado. O valor LV_1 final para cada participante foi determinado pela avaliação simultânea de gráficos dos dados plotados para cada um dos três métodos. A inspeção visual para determinar o LV_1 foi realizada independentemente por dois avaliadores experientes. Se a diferença entre os avaliadores em relação ao VO_2 no LV_1 estivesse dentro de 3%, o valor médio foi adotado como resultado final. Quando a diferença excedia 3%, um terceiro avaliador foi solicitado a determinar o LV_1 .

A recuperação pós-esforço foi feita de forma passiva, durante dez minutos, com os avaliados na mesma posição adotada durante o repouso e o TCPE. Os mesmos parâmetros ventilatórios e hemodinâmicos foram considerados para a análise.

Para avaliar a reativação parassimpática nos primeiros minutos após o TCPE, foi calculado de forma contínua, um índice vagal de VFC no domínio do tempo, rMSSD , a cada 30 segundos no período de recuperação, durante 10 minutos (CUNHA et al., 2015; GOLDBERGER et al., 2006).

2.4.4 Nível de Atividade Física

O nível de atividade física dos participantes (controles) foi avaliado por meio do preenchimento da versão curta do IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*) (MATSUDO et al., 2012). O presente questionário permite estimar, através de oito questões, o tempo semanal que uma pessoa gasta em atividades físicas de diferentes intensidades como caminhada, atividades moderadas e vigorosas, além de avaliar o tempo gasto em posição sentada (MATSUDO et al., 2012).

As questões do IPAQ estão relacionadas ao tempo gasto nas atividades realizadas na última semana antes de sua aplicação. O questionário e as classificações do nível de atividade física estão apresentados nos anexos 1 e 2.

2.5 Desfechos

2.5.1 Desfecho primário

Controle autonômico cardíaco em repouso, durante o exercício e pós-exercício.

2.5.2 Desfecho secundário

Limiar da variabilidade da frequência cardíaca.

2.6 Análise dos dados

2.6.1 Tamanho amostral (cálculo ou justificativa)

Por se tratar de uma população com características peculiares, ou seja, indivíduos com LM e que praticam esportes (fisicamente ativos), os participantes do estudo foram recrutados por conveniência junto à duas equipes de esportes praticados por pessoas com LM.

2.6.2 Variáveis de controle

- Tipo da LM (tetraplegia, paraplegia).

2.6.3 Variáveis de exposição

- Repouso (pré-exercício);
- TCPE (exercício);
- Recuperação pós TCPE (recuperação).

2.6.4 Variáveis de confusão

- Altura e grau de comprometimento da LM;
- Tempo da LM;
- Nível de atividade física

2.6.5 Plano de análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram descritos usando valores de mediana, mínimo e máximo. As comparações das variáveis antropométricas, da VFC e cardiopulmonares em repouso, durante e após o TCPE entre os grupos foram feitas com o teste Kruskal-Wallis. Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o post hoc foi realizado através de teste U de Mann-Whitney com correção de Bonferroni.

A relação entre LF, HF, razão LF:HF, SDNN e rMSSD em repouso *versus* Δ rMSSD (ou seja, rMSSD de repouso menos rMSSD pós-exercício) a cada 30 segundos no período de recuperação do TCPE foi analisada usando o coeficiente de correlação de Spearman, assim como as demais variáveis numéricas consideradas no estudo.

A concordância entre o LV_1 e o $LiVFC$, e do $LIVFC$ obtido pelo ECG e pelo cardiofrequencímetro foi verificada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e pela abordagem gráfica de Altman e Bland (BLAND; ALTMAN, 1999). O ICC foi calculado por um modelo de análise de variância com efeitos aleatórios (*two-way random ANOVA model*), para análise de confiabilidade (*consistency*) (ICC_{2,1}). Valores de ICC foram classificados da seguinte maneira: <0,40: inaceitáveis; $\leq 0,40$ ICC $\leq 0,75$: aceitável e >0,75:

excelente (SHROUT; FLEISS, 1979; WEIR, 2005). Abordagem gráfica de Altman e Bland foi feita a partir das diferenças entre os valores de cada uma das variáveis consideradas no estudo (eixo Y), e a média entre esses valores (eixo X). O limite inferior foi calculado como a média das diferenças - 2 x (desvio-padrão das diferenças) e o limite superior como a média das diferenças + 2 x (desvio-padrão das diferenças) (BLAND; ALTMAN, 1999). O gráfico foi construído no *software* Microsoft Office Excel, versão 2010.

Os dados de rMSSD durante os primeiros 3 minutos de recuperação após o TCPE foram calculados em intervalos de 30 segundos. Para comparar o repouso e os diferentes momentos da recuperação, foi calculado o aumento relativo deste índice durante a recuperação ($\Delta\% \text{ rMSSD} = ((\text{rMSSD}_{30s} / \text{rMSSD}_{\text{repouso}}) \times 100)$). A análise foi realizada através do teste não paramétrico de Friedman, na intenção de descobrir possíveis diferenças estatísticas entre os momentos, dentro de cada grupo. Em seguida foi realizado o teste não paramétrico de Wilcoxon, comparando os momentos com o objetivo de se encontrar possíveis diferenças estatísticas apontadas no teste de Friedman. Utilizou-se a correção de Bonferroni considerando as possíveis combinações.

Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o IBM SPSS Statistics 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Em todos os casos, a significância estatística foi fixada em $P < 0,05$.

2.6.6 Disponibilidade e acesso aos dados

Os dados foram digitados e arquivados em planilha eletrônica, e utilizados somente para fins de pesquisa, mantendo o anonimato dos participantes do estudo.

Capítulo 3 Resultados

A presente tese apresenta-se organizada sob a forma de estudos independentes, apresentados de forma a guardarem coerência e coesão com o objetivo central. São apresentados três artigos originais. Cada um dos estudos procurou incluir em seu escopo uma introdução, esclarecendo as razões específicas de sua condução, uma descrição detalhada dos métodos utilizados, bem como a apresentação e discussão específica dos resultados obtidos.

A tese apresenta-se organizada de acordo com a seguinte estrutura: o primeiro estudo “Ventilatory threshold by heart rate variability in spinal cord injury” teve como objetivo verificar se o LiVFC é um método válido para estimar o LV1 em pessoas com LM. O segundo estudo “Concordância do Limiar da Variabilidade da Frequência Cardíaca medido através do ECG e do cardiofrequencímetro em Indivíduos com Lesão Medular” teve como objetivo investigar o nível de concordância do LiVFC avaliado em um teste cardiopulmonar em esforço (TCPE) medidos através do cardiofrequencímetro e do ECG em indivíduos paraplégicos, tetraplégicos e sem LM. O terceiro estudo “Parasympathetic Reactivation after Cardiopulmonary Test at Effort in Individuals with Spinal Cord Injury” teve como objetivo investigar se o nível da lesão e a atividade vagal em repouso estão relacionados na reativação parassimpática expressa pela FCR e rMSSD após TCPE.

3.1 Manuscrito #1

Manuscript Title: Ventilatory threshold by heart rate variability in spinal cord injury

Type: Original article

Authors:

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva^{1,2}

Felipe Amorim Cunha^{3,4}

Tainah de Paula Lima³

Arthur de Sá Ferreira¹

Patrícia dos Santos Vigário¹

Affiliations:

¹Post-Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Augusto Motta University Center (UNISUAM), Rio de Janeiro, Brazil.

²Department of Physical Education, Bezerra de Araújo Faculty, Rio de Janeiro, Brazil.

³Post-Graduate Program in Exercise Science and Sports, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.

⁴Laboratory of Physical Activity and Health Promotion, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.

Address to correspondence:

Patrícia dos Santos Vigário, PhD. Rehabilitation Sciences, Augusto Motta University Center, UNISUAM. Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Zip code: 21032-060; Phone: +55 (21) 3882-9797 (code 2012). E-mail: patriciavigario@yahoo.com.br

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to
International Journal of Sports Medicine

Manuscript ID
IJSM-04-2021-8984-tt

Title
Ventilatory threshold by heart rate variability in spinal cord injury

Authors
Silva, Pablo
Cunha, Felipe
Lima, Tainah
Ferreira, Arthur
Vigário, Patrícia

Date Submitted
06-Apr-2021

Abstract

Introduction: People with spinal cord injury (SCI) are at higher risk of developing cardiometabolic diseases. Prescription of aerobic exercises for this population relies on estimation ventilatory thresholds using gold-standard, sophisticated equipment and specialized professionals. More accessible methods to estimate the first ventilatory threshold (VT_1), such as the analysis of the heart rate variability threshold (HRVT), have not been investigated for people with SCI. This investigated the validity of HRVT in estimating the VT_1 in people with SCI. **Methods:** Cross-sectional study enrolling 17 people with SCI (tetraplegia: $n = 9$, paraplegia: $n = 8$) and 10 without SCI (control group). All participants underwent a maximal cardiopulmonary exercise testing on a cycle ergometer; the electrocardiographic signal was simultaneously acquired using the 12-lead protocol. For the evaluation of VT_1 , a combination of three methods was used: (i) ventilatory equivalents method; (ii) excess carbon dioxide method; and (iii) modified V-slope method. To identify the HRVT, the standard deviation of the instantaneous beat-to-beat variability ($SD1$) index was used. The validity analysis between HRVT and VT_1 was assessed by the intraclass correlation coefficient ($ICC_{2,1}$) and limits of agreement. **Results:** In people with tetraplegia, excellent reliability was observed between HRVT and VT_1 for percentage of heart rate reserve (% HRR) ($ICC = 0.836$, $p=0,035$) and power ($ICC = 0.828$, $p=0,038$); in people with paraplegia the reliability was excellent for power ($ICC = 0.823$, $p=0,018$). **Conclusion:** The HRVT seems to be a valid method to estimate VT_1 in people with tetraplegia and paraplegia. Power showed the highest reliability regardless of the level of the SCI.

Keywords: tetraplegia; paraplegia; ventilatory threshold; heart rate variability threshold; oxygen uptake.

INTRODUCTION

People with spinal cord injury (SCI) have a higher risk of early death than individuals without SCI (KRAUSE; CAO; DIPIRO, 2019). Several factors can contribute to risk profile, including physical inactivity, obesity, and cardiometabolic diseases (DIPIRO; CAO; KRAUSE, 2019; LAVELA et al., 2012; WEN et al., 2019). In particular, people with high SCI – above the sixth thoracic vertebra – have autonomic dysfunction caused by impairment of the sympathetic branches (ELDAHAN et al., 2019), affecting other systems, notably the cardiovascular system. Therefore, strategies that can improve the general health status of this population, including the practice of physical exercises, should be included in their routine.

Recommendations regarding the practice of exercises, for people with SCI, consider the specificities of this population, mainly autonomic and thermoregulation dysfunctions (GINIS et al., 2018; GOOSEY-TOLFREY et al., 2018). These recommendations include the weekly performing of muscle strengthening exercises, and aerobic exercises, that require rigorous intensity control. The analysis of ventilatory thresholds allows the control of the intensity of aerobic training (MAUNDER et al., 2019). During progressive exercises, the pulmonary ventilation (VE) raises due to the increased intensity, linearly increasing the oxygen uptake (VO_2) and the carbon dioxide production (VCO_2). The first ventilatory threshold (VT_1) – point of increase of VE in a nonlinear manner to the VO_2 increase – signals a transition in metabolism, predominantly aerobic, to anaerobic (WASSERMAN et al., 2004). The gold-standard method for obtaining ventilatory thresholds is the maximal cardiopulmonary exercise testing (CPET); however, this type of evaluation requires specialized professionals, in addition to equipment with a high financial cost (VASCONCELLOS et al., 2015a). Accordingly, indirect methods that are simpler and less costly have been developed aiming to estimate the VT_1 , including analyzes from the heart rate variability (HRV) (SHIRAIISHI et al., 2018).

The HRV is the variations in time elapsed between the RR intervals in consecutive heartbeats. The HRV analysis can be performed via linear methods, in the domain of time and frequency, and non-linear methods (TASK FORCE, 1996). During physical exercise, the heart rate (HR) increases, initially, due to the reduced parasympathetic activity, and with the intensity enhance, a progressive rise in sympathetic activity occurs, which can be detected by the decrease of the indices of HRV, until stabilization of their values, a fact that can be associated with VT_1 (NOVELLI et al., 2019). This stabilization point determines the heart rate variability threshold (HRVT), a specific marker of the vagal withdrawal (NOVELLI et al., 2019). Therefore, the HRVT assessment allows prescribing aerobic exercises at appropriate intensities (DOURADO; GUERRA, 2013; LIMA; KISS, 1999; NOVELLI et al., 2019). Several authors

have shown a good association between VT_1 and the HRVT, during physical exercises, in different populations (CUNHA et al., 2014; NOVELLI et al., 2019; SIMÕES et al., 2016).

As far as we know, to date, the validity of the HRVT method for estimating VT_1 in people with SCI has not been tested. This approach is relevant because, once the validity of the HRVT is recognized, to identify the VT_1 , it is possible to control the intensity of aerobic physical exercises, for people with SCI, with lower cost and greater precision, an aspect that is important due to the greater risk of cardiovascular morbimortality (MYERS; LEE; KIRATLI, 2007). Therefore, this study aims to analyze the validity of HRVT to estimate the VT_1 in people with SCI.

Method

Ethics

The Ethics Committee for Institutional Research approved this research protocol (No. 37041520.4.0000.5235). All participants signed an Informed Consent Form before participating in the study. This study was conducted following the ethical standards of the International Journal of Sports Medicine (HARRISS; MACSWEEN; ATKINSON, 2019).

Study design and participants

Twenty-seven individuals participated in this sectional observational study, divided into three groups: tetraplegia (SCI above C7; $n = 9$), paraplegia (SCI between T1 and T10; $n = 8$), and without SCI (control group; $n = 10$). The participants with SCI were selected from recreational sports associations for individuals with quadriplegia (wheelchair rugby) and paraplegia (wheelchair basketball). All participants should be men and by 18 years of age or older. For inclusion in the Control Group, participants should be classified as “irregularly active”, “active” or “very active”, after completing the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), short version (MATSUDO et al., 2012). For the three groups, the following exclusion criteria were utilized: the use of substances that could influence the heart rate response, such as beta-blockers, sympathomimetics, and sympatholytics; and being unable to perform the necessary maneuvers of the CPET.

Procedures

Each participant visited the Laboratory once to perform the following procedures: (i) anamnesis with demographic information, the sort of disability and the training; (ii) filling out the IPAQ; and (iii) performing of anthropometric measurements (body mass and height) and oxygen uptake (VO_2) at rest and CPET.

All tests were performed at approximately the same time of day (between 7 am and 11 am) to minimize the effects of circadian variation. The ambient temperature of the laboratory, during all tests, ranged from 21°C to 23°C, and the relative humidity ranged from 55% to 70%.

Resting VO_2

For the metabolic analysis of ventilatory gases at rest, a metabolic gas analyzer (Medical Graphics; VO2000; United States) was used. The evaluation of respiratory flow in real-time was performed using a low-flow pneumotachograph coupled to a mouthpiece. The pulmonary ventilation and the expired O_2 and CO_2 fractions were measured breath by breath, stored, and plotted as the average of 30 seconds, using the Ergomet software (Micromed; Brazil).

As a pre-assessment recommendation, the individuals were instructed not to practice any type of physical exercise in the last 24 hours, and to abstain from alcohol, soft drinks, and caffeine in the eight hours before the test. On the day of the evaluation, the participants made the minimum effort possible to reach the laboratory setting, and the measurements were made on an empty stomach. The collection of ventilatory gases was performed in a sitting position for 40 minutes, and the individuals were instructed not to speak and to move as little as possible, only when it was strictly necessary. The resting VO_2 was considered as the average of the last 5 minutes of collection, as proposed by Compher et al. (2006) and Cunha et al. (2014).

Maximal cardiopulmonary exercise testing

After the evaluation at rest, the participants had a light meal, and underwent a symptom-limited CPET (Medical Graphics; VO2000; United States), using a cycle ergometer for upper limbs (Top Excite; Technogym; Italy). For individuals with tetraplegia, the protocol was based on the functional classification of wheelchair rugby (IWRF, 2019). The protocol consisted of an initial load of 20w, increasing by 2w/min for participants with a functional rating for the modality, less than or equal to 2.0 (less functionality), and by 5w/min for those with a functional rating greater than or equal to 2.5 (greater functionality). For individuals with paraplegia and the control group, the protocol consisted of an initial load of 20w, with an increase of 5w/min.

The cycling was maintained between 50 and 60rpm throughout the test. This protocol was adapted from the protocol proposed by Campos (2013).

The tests were considered maximum if the evaluated ones met at least three of the following four criteria: a) maximum voluntary exhaustion defined by obtaining 10 on the Borg scale, on the 0-10 scale; b) 90% of the predicted HRmax (220 - age) or presence of a heart rate plateau (Δ HR between two consecutive work rates ≤ 4 bpm); c) presence of a VO_2 plan (ΔVO_2 between two consecutive work rates below $2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); d) maximum respiratory exchange ratio (R_{max}) $> 1,10$ (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995).

For analysis purposes, the following variables were considered: oxygen uptake at rest ($\text{VO}_{2\text{rest}}$) and peak ($\text{VO}_{2\text{peak}}$) relative ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) and absolute ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$), HR of rest and peak (bpm), pulmonary ventilation (VE ; $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$), maximum R (maximum respiratory exchange ratio), maximal O_2 pulse (%), exhaustion time (s), maximum power (watts), the percentage oxygen uptake reserve (% VO_2R) in VT_1 and the percentage heart rate reserve (%HRR) in VT_1 . The %HRR, % VO_2R , and power variables were used to investigate the validity of the HRVT method to identify VT_1 . The peak of VO_2 was determined as the highest VO_2 value obtained during the CPET. The % VO_2R was calculated from the formula used by Swain et al. (2004), $\% \text{VO}_2\text{R} = \{[(\text{VO}_2 \text{ at } \text{VT}_1 - \text{VO}_{2\text{rest}}) / (\text{VO}_{2\text{peak}} - \text{VO}_{2\text{rest}})] \times 100\}$. The %HRR was calculated from the formula: $\% \text{HRR} = \{[(\text{HR at } \text{VT}_1 - \text{HR rest}) / (\text{HR}_{\text{max}} - \text{HR}_{\text{rest}})] \times 100\}$, cited by Mann, Lamberts, and Lambert (2013).

The electrocardiographic records were stored, in real-time, during rest and CPET, using the 12-lead protocol (Ergomet; Micromed; Brazil). The signals were transferred to the computer with a frequency of 1000 Hz. For this, disposable silver/silver chloride (Ag/AgCl) electrodes (3M; Brazil) were used. ECG data were analyzed offline by two experienced evaluators who identified the R peak of each QRS complex. The R-R intervals for HRV analysis were processed according to the recommendations of the Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). The Kubios HRV Premium software (Biomedical Signal Analysis Group, Department of Applied Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finland) was used to calculate HRV indices, and for the correction of artifacts, the average filter was used (NOVELLI et al., 2019; SOUZA et al., 2013).

Direct method: Determination of Ventilatory Threshold 1 (VT_1)

The VT_1 was identified according to the recommendations proposed by Gaskill et al. (2001). Visual inspection to determine VT_1 was carried out independently by two experienced

evaluators. If the difference between the evaluators concerning VO_2 in VT_1 was within 3%, the average value was adopted as the final result. When the difference exceeded 3%, a third evaluator was asked to determine the VT_1 .

Indirect method: Determination of the Heart Rate Variability Threshold (HRVT)

The R-R intervals were calculated in windows of 30 s during the CPET, and the moment when two consecutive values of the SD1 index was ≤ 1 ms was considered as HRVT. The choice of this criterion is justified because SD1 is related to parasympathetic activity, and the assessment of the HRVT is attributed mainly to the vagal withdrawal (TULPPO et al., 1996) as seen elsewhere (CUNHA et al., 2014; DOURADO; GUERRA, 2013; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008).

Statistical analysis

The normality of the data was verified using the *Shapiro-Wilk* test. From the results obtained, a choice was made for non-parametric statistical procedures. Comparisons of variables at rest, and during CPET, between groups were performed using the *Kruskal-Wallis* test, and for the identification of differences, *Mann-Whitney U* test with *Bonferroni* correction was used.

The agreement between VT_1 and HRVT was verified by calculating the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and by the graphical approach of the Limits of Agreement (LoA) by Altman and Bland (BLAND; ALTMAN, 1999). The ICC was calculated by a model of analysis of variance, with random effects (two-way random ANOVA model), for reliability analysis (consistency) ($ICC_{2,1}$), with null hypothesis test $H_0: ICC_{2,1} = 0$. Values of ICC were classified as follows: <0.40 : unacceptable; ≤ 0.40 $ICC \leq 0.75$: acceptable and > 0.75 : excellent (SHROUT; FLEISS, 1979; WEIR, 2005). Altman and Bland's graphical approach was made from the differences between the HR and VO_2 values, and the average between those values with calculations of the respective bias, and lower and upper limits (BLAND; ALTMAN, 1999). All statistical analyzes were performed using IBM SPSS Statistics 20.0 (SPSS TM Inc., Chicago, IL, USA). The graph was constructed using Microsoft Office Excel software, version 2010. In all cases, the statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Table 1 shows the characteristics of the participants and the HRV indices at rest, in the time and frequency domain. The groups were similar concerning the HRV indices at rest. There

was a difference in relation to age (paraplegia older than Control; $p = 0.027$), body mass (Control heavier than tetraplegia; $p = 0.007$) and Body Mass Index (tetraplegia lower value than paraplegia and Control; $p = 0.022$ and $p = 0.005$, respectively). The groups of individuals with SCI did not differ in terms of injury time and sports practice. Table 2 shows the cardiorespiratory variables at rest and the peak of physical effort. Three participants in the tetraplegia group were excluded from the analysis of the cardiorespiratory response on exertion, and from the agreement between HRVT and VT_1 for the following reasons: not reaching VT_1 , in parallel with not identifying HRVT ($n=1$) and not reaching only VT_1 ($n=1$), and non-identification of the HRVT ($n=1$). There was no significant difference between groups regarding VO_2 and HR at rest.

The Peak VO_2 , both absolute and relative, the O_2 pulse, the maximum VE, the exhaustion time, and the maximum power were higher in the Control group when compared to tetraplegics and paraplegics. The HR Peak was higher in the Control group when compared to individuals with tetraplegia ($p < 0.01$).

Table 1 - Age, anthropometric characteristics, and resting autonomic cardiac responses of the participants, according to the level of spinal cord injury.

| | Tetraplegia (n=9) | Paraplegia (n=8) | Control Group (n=10) |
|--------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Age (years) | 34.0 (25 – 47) | 44.5 (25 – 50) | 31.5 ^c (22 – 40) |
| Height (cm) | 180 (171 – 188.5) | 175 (164 – 184) | 181.5 (169 – 185) |
| Weight (kg) | 69 (50.7 – 80.1) | 80.2 (58,9 – 100,2) | 85.6 ^b (71.5 – 102.0) |
| BMI (kg/m ²) | 21.7 (16.1 – 23.7) | 27.0 ^a (19.9 – 29.6) | 27.0 ^b (21.6 – 31.5) |
| RR Interval | 1016 (714 – 1360) | 862 (651 – 1015) | 951 (771 – 1445) |
| SDNN (ms) | 46.9 (19.5 – 121.2) | 34.1 (12.8 – 92.9) | 59.4 (23.1 – 96.9) |
| RMSSD (ms) | 28.8 (13.0 – 128.7) | 20.8 (12.8 – 97.4) | 50.9 (17.0 – 108.8) |
| PNN50 (%) | 4.6 | 5.8 | 24.9 |

| | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | (1.1 – 70.9) | (0.2 – 59.2) | (0.8 – 72.9) |
| Total Power (ms ²) | 1472 (324 – 14896) | 1332 (148 – 13041) | 3478 (517 – 10610) |
| LF (ms ²) | 735 (136 – 5522) | 759 (45 – 11402) | 2391 (349 – 7394) |
| HF (ms ²) | 327 (31 – 8561) | 136 (66 – 2183) | 1014 (55 – 6021) |
| LH:HF ratio | 1.02 (0.4 – 6.9) | 2.03 (0.5 – 18.6) | 2.27 (0.4 – 22.6) |
| LF (n.u.) | 50.4 (28.3 – 87.4) | 65.9 (31.5 – 94.9) | 69.3 (28.7 – 95.8) |
| HF (n.u.) | 49.4 (12.6 – 71.7) | 34.1 (5.1-68.5) | 30.7 (4.2 – 71.3) |
| <p>Results expressed as median (minimum-maximum); SCI = spinal cord injury; BMI = body mass index; SDNN = Standard deviation of all normal R-R intervals; rMSSD = square root of the mean of the square of the differences between adjacent normal R-R intervals; PNN50 = Percentage of adjacent R-R intervals with a difference in duration greater than 50 ms; LF = low-frequency component; HF = high-frequency component; LF/HF = LF/HF ratio; ^aStatistically significant difference between the Tetraplegia and Paraplegia groups (p <0.05); ^bStatistically significant difference between the Tetraplegia and Control group (p <0.01); ^cStatistically significant difference between the Paraplegia and Control group (p <0.05).</p> | | | |

Table 2 - Cardiorespiratory variables at rest and during the cardiopulmonary exercise test, according to the analysis subgroup.

| | Group | | | P-value | | |
|--|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | Tetraplegia (n=6) | Paraplegia (n=8) | Control (n=10) | Tetraplegia vs. Paraplegia | Tetraplegia vs. Control | Paraplegia vs. Control |
| VO ₂ rest (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 2,7 (2.5-3.9) | 2.1 (1.5-4.9) | 2.7 (1.8-4.5) | 0.114 | 0.211 | 0.173 |
| VO ₂ peak (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 13.8 (5.7-16,6) | 13.9 (9.6-23.7) | 31.8 (22.6-38.6) | 0.311 | < 0.001 | 0.001 |
| VO ₂ peak (L.min ⁻¹) | 0.9 (0.4-1,2) | 1.2 (0.9-2.3) | 2.6 (2.0-3.6) | 0.192 | < 0.001 | 0.001 |
| HR rest (bpm) | 64 (52-84) | 67 (59-92) | 64.5 (42-78) | 0.200 | 0.720 | 0.360 |
| HR peak (bpm) | 123.5 (104-167) | 159 (128-178) | 179 (150-196) | 0.405 | < 0.01 | 0.203 |
| O ₂ max Pulse (%) | 6.6 (3.5-8.5) | 7.5 (5.9-12.8) | 17.0 (10.9-27.8) | 0.300 | < 0.001 | 0.001 |
| VE max (L.min ⁻¹) | 25.3 (8.4-39.8) | 32.4 (29.3-72.1) | 75.4 (51.6-91.9) | 0.067 | < 0.001 | 0.001 |
| Power max (w) | 40 (22-60) | 57.5 (45-120) | 110 (85-135) | 0.355 | < 0.001 | 0.046 |
| R Max | 1.0 | 10 | 1.1 | 0.168 | 0.418 | 0.051 |

| | | | | | | |
|---|---------------------|---------------------|----------------------|-------|------------------|--------------|
| | (0.7-1.1) | (1.0-1.2) | (0.9-1.6) | | | |
| %VO ₂ peak at VT ₁ | 63.2 (50.5-76.5) | 622 (32.3-95.4) | 53.3 (38.2-73.2) | 0.076 | < 0.01 | 1.000 |
| Time to exhaustion (s) | 501 (103-1115) | 519.5 (373-1271) | 1108.5 (789-1389) | 1.000 | 0.020 | 0.018 |
| Values in median (minimum-maximum); VO ₂ = oxygen uptake; HR = heart rate; VE = ventilation; R = ratio of respiratory exchange; VT ₁ = first ventilatory threshold. | | | | | | |

Table 3 presents the values of %VO₂R, the %HRR and working power achieved in VT₁ and HRVT. The power at VT₁ time was significantly higher in the Control group, compared to the other groups (p <0.05). The %VO₂R in VT₁ and the HRVT was lower in the Control group than in the tetraplegia group (p <0.05). Excellent reliability, with statistical significance were observed in the tetraplegia group for %HRR (ICC_{2,1} = 0.836; p = 0.035) and power (ICC_{2,1} = 0.828; p = 0.038). In the paraplegia group, only power was classified as excellent (ICC_{2,1} = 0.823; p = 0.018), and acceptable in the %HRR, although without statistical significance. In the Control group, there was an acceptable in %VO₂R (ICC_{2,1} = 0.593; p = 0.046).

Table 3 - Descriptive analysis of %VO₂R, %HRR and work power in VT₁, and in the HRVT of the study subgroups, as well as relevant statistics for agreement between the VT₁ and the HRVT

| Variable | VT ₁ | HRVT | Intraclass Correlation Coefficient (ICC _{2,1}) [95% CI] | ICC P-value |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|--------------|
| %VO₂R | | | | |
| Tetraplegia (n=6) | 68.5 (50.5-76.5) | 60.2 (39.5-73.3) | -0.665 [-10.897; 0.767] | 0.705 |
| Paraplegia (n=8) | 54.1 (16.6-94.7) | 54.3 (17.5-74.1) | 0.354 [-2.226; 0.871] | 0.289 |
| Control (n=10) | 47.9 ^a (34.0-70.8) | 30.3 ^a (13.0-51.5) | 0.593 [-0.234; 0.924] | 0.046 |
| %HRR | | | | |
| Tetraplegia (n=6) | 58.4 (38.1-87.7) | 53.9 (21.0-73.7) | 0.836 [-0.174; 0.977] | 0.035 |
| Paraplegia (n=8) | 74.8 (56.4-83.3) | 55.2 (27.4-85.0) | 0.541 [-1.293; 0.908] | 0.163 |
| Control (n=10) | 55.7 ^b (41.1-69.8) | 34.3 (13.6-50.4) | 0.244 [-2.044; 0.812] | 0.342 |
| Power (watts) | | | | |
| Tetraplegia (n=6) | 40.0 (24.0-40.0) | 22.0 (22.0-40.0) | 0.828 [-0.232; 0.976] | 0.038 |

| | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|
| Paraplegia (n=8) | 37.5 (30.0-85.0) | 27.5 (20.0-50.0) | 0.823 [-0.114; 0.964] | 0.018 |
| Control (n=10) | 60.0 ^b (50.0-80.0) | 45.0 ^a (25.0-55.0) | 0.136 [-2.480; 0.785] | 0.416 |
| Data in median (minimum-maximum); VT ₁ = first ventilatory threshold; HRVT = heart rate variability threshold; SCI = spinal cord injury; VO ₂ = oxygen uptake; HR = heart rate; CI = confidence interval; ^a significant difference between the groups Tetraplegia and Control group (p <0.05); ^b significant difference between the groups Paraplegia and Control group (p <0.05). | | | | |

The limits of agreement for %VO₂R, %HRR and power in VT₁ and the HRVT, and the distribution of values found for each individual in the group with tetraplegia, paraplegia, and Control groups, according to the Altman and Bland approach are shown in the Figures 1, 2 and 3 (a, b and c), respectively.

For the three variables, the bias was lower in the tetraplegia and paraplegia groups compared to the Control group. Regarding %VO₂R, the biases were: 7.764 (minimum -35.434; maximum 50.962) in the tetraplegia group; 5.397 (minimum -57.900; maximum 68.694) in the paraplegia group and 19.257 (minimum -9.477; maximum 47.991) in the Control group. In the three groups, there was a trend of higher values of %VO₂R in VT₁ concerning HRVT (most of the points of agreement above the zero value).

In the %HRR analysis, the bias were: 8.298 (minimum -26.539; maximum 43.135) in the tetraplegia group, 16.910 (minimum -22.789; maximum 56.604) in the paraplegia group and 22.700 (minimum -13.881; maximum 59.281) in the Control group. In the three groups, there was a trend of higher values of %HRR in VT₁ concerning HRVT (most of the points of agreement above the zero value).

In the power analysis, the bias were: 4.000 (minimum -9.579; maximum 17.579) in the tetraplegia group, 13.125 (minimum -8.433; maximum 34.683) in the paraplegia group and 21.500 (minimum -2.966; maximum 45.966) in the Control group. In the three groups, there was a trend of higher values of power in VT₁ concerning HRVT (most of the points of agreement above the zero value).

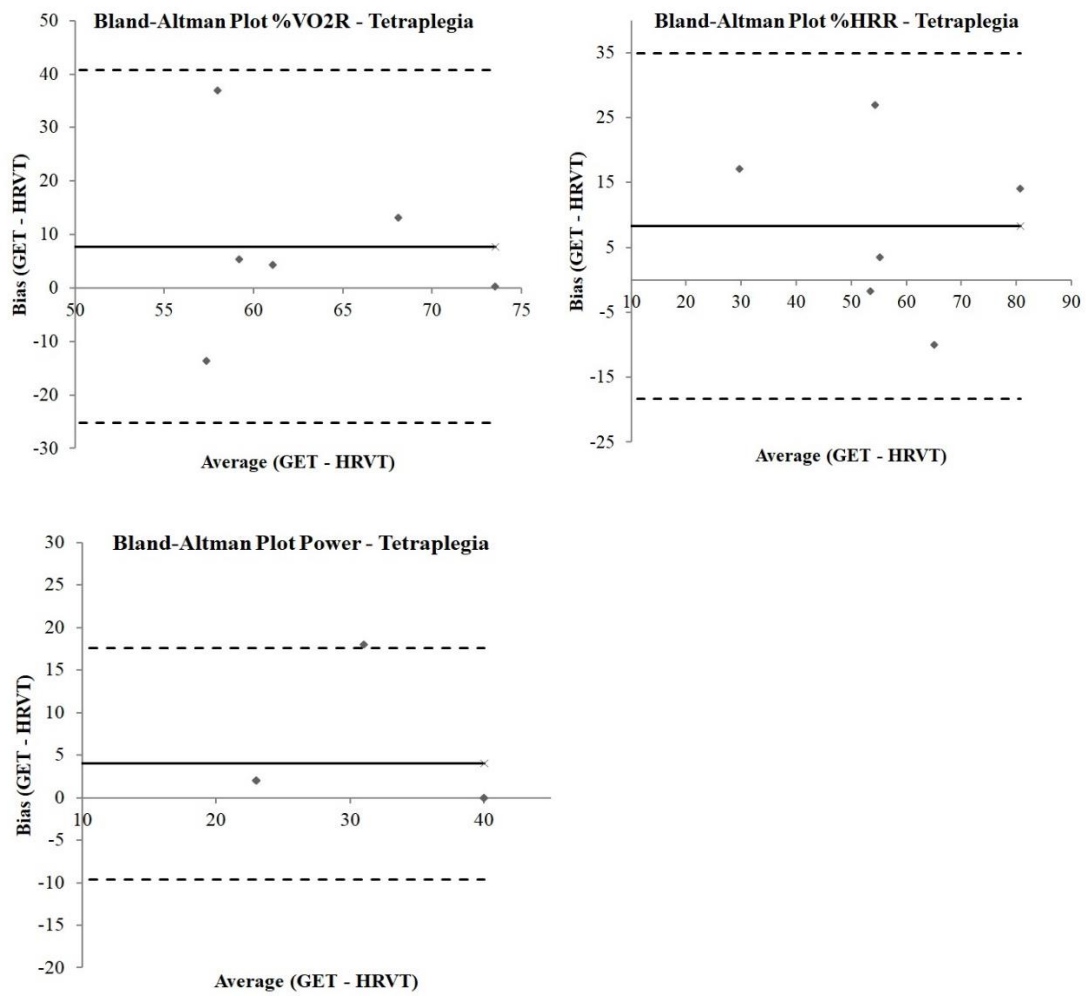


Figure 1 – Altman and Bland's approach to evaluating reliability between the first ventilatory threshold (VT_1) and heart rate variability threshold (HRVT), % VO_2R , %HRR and power in the group with Tetraplegia - (a) % VO_2R ; (b) %HRR; (c) power.

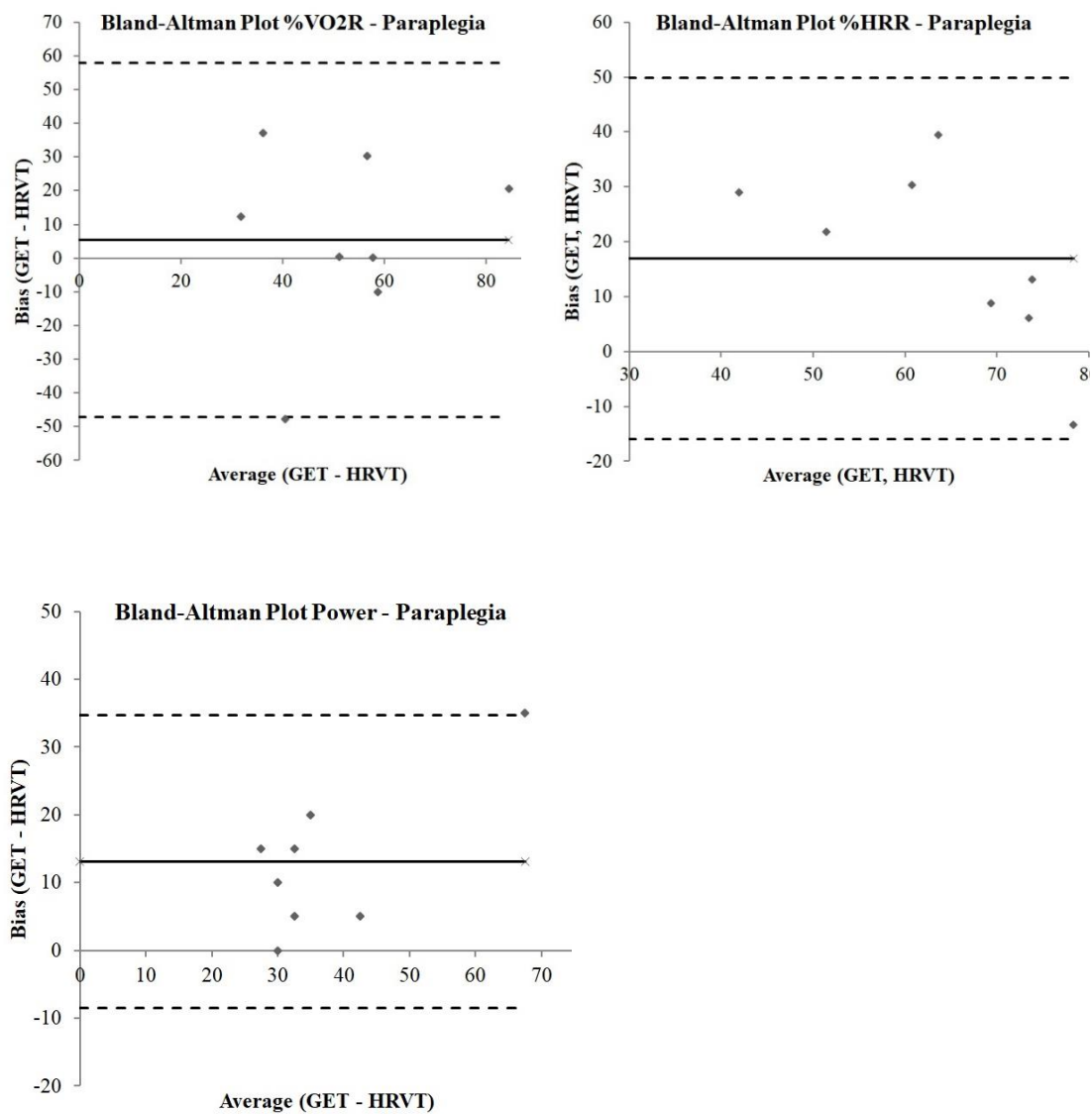


Figure 1 – Altman and Bland's approach to evaluating reliability between the first ventilatory threshold (VT_1) and heart rate variability threshold (HRVT), % VO_2R , %HRR and power in the group with Paraplegia - (a) % VO_2R ; (b) %HRR; (c) power.

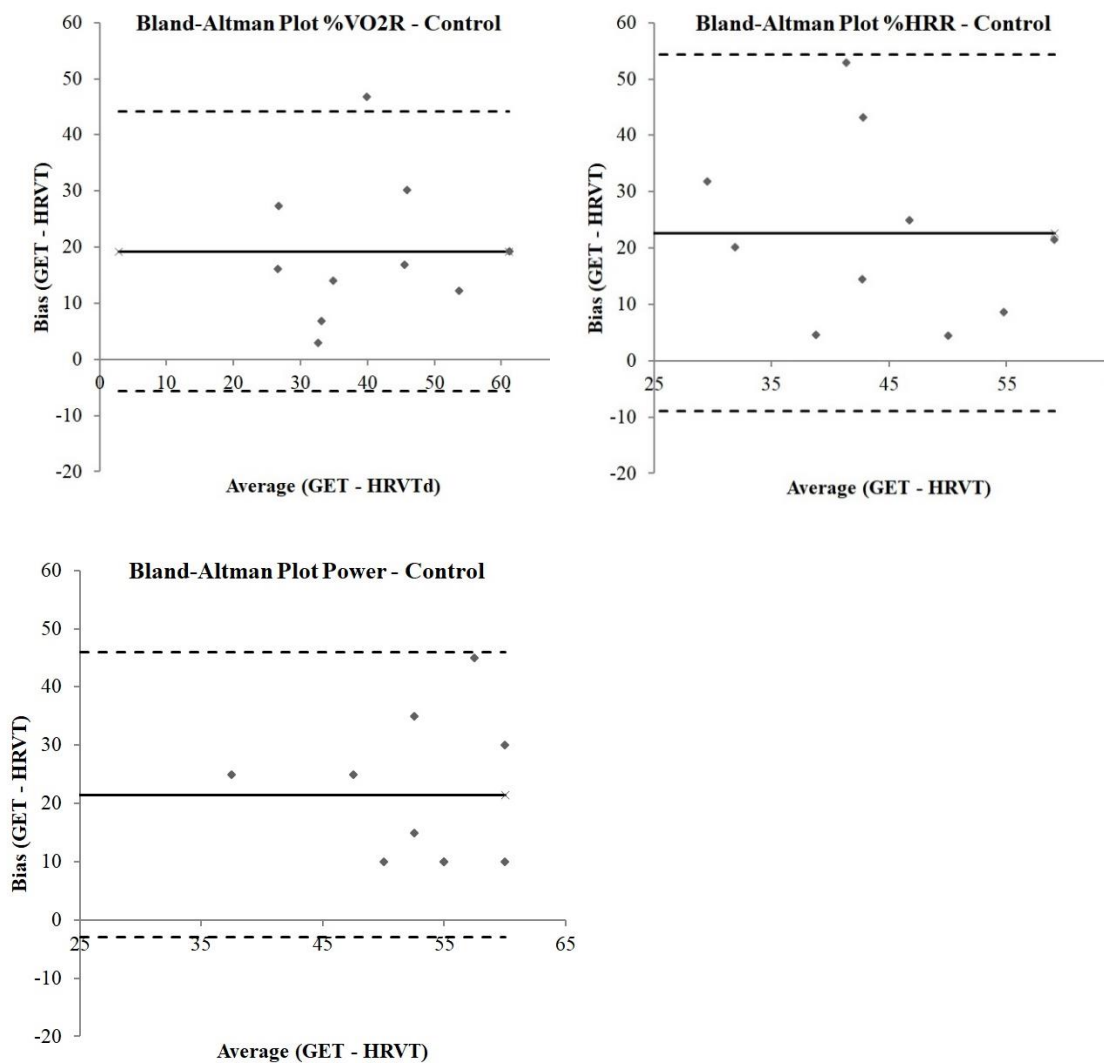


Figure 1 – Altman and Bland's approach to evaluating reliability between the first ventilatory threshold (VT_1) and heart rate variability threshold (HRVT), % VO_2R , %HRR and power in the Control group - (a) % VO_2R ; (b) %HRR; (c) power.

Discussion

This study investigated the validity of HRVT for estimating VT_1 in people with SCI, of different levels: tetraplegia and paraplegia. The main findings show an excellent agreement in people with tetraplegia for the %HRR and power variables. The group with paraplegia showed excellent agreement for power alone. The group of individuals without SCI presented acceptable agreement only for % VO_2R . Altogether, these findings suggest that HRVT can be used as a valid method to estimate the VT_1 in this population.

As far as we know, this is the first study to carry out this approach in people with SCI. Studies in populations with different characteristics from the one studied here

showed that HRVT is a good predictor of VT_1 for young people (CUNHA et al., 2014; NOVELLI et al., 2019), adolescents (VASCONCELLOS et al., 2015a) and in people above 40 years old (DOURADO; GUERRA, 2013). Generally, this point is found between 50 and 60% of the VO_2 peak (LIMA; KISS, 1999; SALES et al., 2011; TULPPO et al., 1996). Dourado and Guerra (2013) observed in adults and elderly people that the percentage of VO_2 peak in HRVT and the VT_1 showed an agreement classified as “excellent” (ICC = 0.84) when using walking on the treadmill. Cunha et al. (2014) presented coefficients of determination between 0.69 and 0.90 when evaluating young university students in different ergometers, bicycle, walking, and running on the treadmill. The authors used variables such as VO_2 , % VO_2R , HR, %HRR, power on the cycle ergometer, and treadmill speed.

Vasconcellos et al. (2015a) found agreement values classified as “excellent” between the VT_1 and the HRVT for VO_2 and % VO_2R with ICC between 0.89 and 0.95 (<0.001), respectively, in a study with eutrophic and obese adolescents, using the index in the rMSSD time domain for the identification of HRVT. Nevertheless, other studies have not shown agreement, as reported by Cassirame et al. (2015) in mountain runners during a race – although the authors were able to identify the second ventilatory threshold using the HF index. Brunetto et al. (2008) did not find any relationship between HRVT and VT_1 . This information can be explained through McNarry and Lewis’s study (2012), who reported that the greater the intensity of the exercise, the lower the reliability of the HRV indices.

The study by Grannell and Vito (2017) in young people moderately trained concerning HR and power in VT_1 and HRVT was identified by the stabilization of the HF and SD1 indices in an incremental bicycle test ($r = 0.87$ and 0.86 , respectively). In our study, concordances classified as excellent in power were found in the group with tetraplegia (ICC=0.823; $p=0.018$) and in the group with paraplegia (ICC=0.823; $p=0.018$), while the agreement in the Control group was unacceptable (ICC=0.136; $p=0.416$). Regarding % VO_2R , our findings indicated an acceptable agreement for the Control group (ICC= 0.593; $p= 0.046$) and unacceptable for the groups with SCI. In paraplegics, the ICC was 0.354 ($p=0.289$) and in tetraplegics, the ICC values were negative. The VT_1 depends on the type of exercise, and the protocol used (BUCHFUEHRER et al., 1983; MILLET; VLECK; BENTLEY, 2009). The little familiarity of the Control group with the ergometer may have influenced the low values of the variables at the point of HRVT. Smaller and less conditioned muscles can limit

exercise, even when the lungs and heart are not fatigued (BAUMGART; BRUROK; SANDBAKK, 2020). Since the cycle ergometer and exercises with long duration are not common for the Control group, this can lead to premature fatigue. Physiological differences between upper and lower limb exercises can occur, which leads to different perceived exertion, from individuals already familiarized with exercising with upper limbs (KANG et al., 1998; ORR et al., 2013). Another possibility could be associated with the small sample size, according to Liljequist et al. (2019), negative ICC values are a bad estimate for agreement, which can happen when the sample number is small as in our study.

The association between the VO_2 , the VT_1 and the HRVT is explained by the physiological adjustments that occur in response to the increase in exercise intensity (WASSERMAN et al., 2004). The kinetics of O_2 in exercises with progressive characteristics is modified according to the increase in metabolic acidosis, hyperventilation, increased muscle demand, and high concentrations of circulating catecholamines (MITCHELL, 1985). With the installation of metabolic acidosis, the hydrogen ions produced by the decomposition of lactic acid are buffered by sodium bicarbonate, which increases the formation of CO_2 above the levels normally produced by metabolism.

This accumulation of CO_2 and hydrogen ions in the muscle and blood, promotes ventilatory responses through the chemoreceptors and metaboreceptors, causing a disproportionate increase in VE and VCO_2 concerning the increase in VO_2 (DAVIS, 1985; WASSERMAN et al., 1973). Mitchell (1985) reports that, when CO_2 stimulates the respiratory center, it, in turn, seems to cause adaptations in the dynamics of the parasympathetic and sympathetic activities of the heart. With these adaptations, a higher HR and lower HRV are observed, which at that time represents a reduction in cardiac vagal activity, and an increase in sympathetic activation in the heart (PERINI; VEICSTEINAS, 2003; TULPPO et al., 1996).

The present study has some limitations, such as the small sample size in each analysis subgroup, and the lack of a second evaluation to verify the reproducibility of the measurement. Nevertheless, this is the first approach described in the literature designed for people with SCI, including high (tetraplegia) and low (paraplegia) lesions, besides being using suitable methods for validity analysis such as the ICC and the Bland-Altman approach. The results show important practical applicability since these individuals can be benefited from the prescription of physical exercises taking into account physiological

parameters that reflect their physical conditions, which are obtained through a more accessible means, such as exercise testing.

Conclusion

The HRVT method proved to be valid for estimating the power and the %HRR referring to VT_1 through a CPET in individuals with SCI. The results obtained provide original information and reinforce the usefulness of the HRVT to estimate the intensity of exercise, when prescribing aerobic training, also in the population with SCI.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel)- Brazil (CAPES) - Finance Code 001, Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro/FAPERJ (Carlos Chagas Filho Research Support Foundation of Rio de Janeiro State) [grant number E-26 / 203.256 / 2017] and the CNPq/ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (the Brazilian Council for the Technological and Scientific Development).

References

- BAUMGART, J. K.; BRUROK, B.; SANDBAKK, Ø. Comparison of peak oxygen uptake between upper-body exercise modes: A systematic literature review and meta-analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. May, p. 1–12, 2020.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Measuring agreement in method comparison Studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 8, n. 2, p. 135–160, 1999.
- BRUNETTO, A. F. et al. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 2, p. 145–149, 2008.
- BUCHFUHRER, M. J. et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology**, v. 55, n. 5, p. 1558–1564, 1983.
- CASSIRAME, J. et al. Heart rate variability to assess ventilatory threshold in ski-mountaineering. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 7, p. 615–622, 2015.
- COMPHER, C. et al. Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting

- Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881–903, 2006.
- CUNHA, F. A. et al. Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 8, p. 706–714, 2014.
- DAVIS, J. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, n. 1, p. 6–21, 1985.
- DIPIRO, N. D.; CAO, Y.; KRAUSE, J. S. A prospective study of health behaviors and risk of all-cause and cause-specific mortality after spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 57, n. 11, p. 933–941, 2019.
- DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 46, n. 2, p. 194–199, 2013.
- ELDAHAN, K. C. et al. Autonomic Dysreflexia after Spinal Cord Injury. **HHS Public Access**, p. 59–70, 2019.
- GASKILL, S. E. et al. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 11, p. 1841–1848, 2001.
- GINIS, M. et al. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: An update and a new guideline. **Spinal Cord**, v. 56, n. 4, p. 308–321, 2018.
- GOOSEY-TOLFREY, V. L. et al. Development of scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 18, p. 1166–1167, 2018.
- GRANNELL, A.; VITO, G. DE. An investigation into the relationship between heart rate variability and the ventilatory threshold in healthy moderately trained males. p. 1–7, 2017.
- HARRISS, D. J.; MACSWEEN, A.; ATKINSON, G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 13, p. 813–817, 2019.
- HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for Maximal Oxygen Uptake: Review and Commentary. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, 1995.
- IWRF. **Manual de classificação da IWRF, 3a edição, revisado 2011**. Disponível em:

<[http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_\(Portuguese\).pdf](http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_(Portuguese).pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2019.

KANG, J. et al. Regulating exercise intensity using ratings of perceived exertion during arm and leg ergometry. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 78, n. 3, p. 241–246, 1998.

KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 652–657, 2008.

KRAUSE, J. S.; CAO, Y.; DIPIRO, N. Psychological factors and risk of mortality after spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1–9, 2019.

LAVELA, S. L. et al. Males aging with a spinal cord injury: prevalence of cardiovascular and metabolic conditions. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 93, n. 1, p. 90–95, 2012.

LILJEQUIST, D.; ELFVING, B.; ROALDSEN, K. S. **Intraclass correlation – A discussion and demonstration of basic features**. [s.l: s.n.]. v. 14

LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. LIMAR DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 4, n. 1, p. 10, 1999.

MANN, T.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. Methods of prescribing relative exercise intensity: Physiological and practical considerations. **Sports Medicine**, v. 43, n. 7, p. 613–625, 2013.

MATSUDO, S. et al. Questionário Internacional De Atividade Física (Ipaq): Estupo De Validade E Reprodutibilidade No Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2012.

MAUNDER, E. et al. Exercise intensity regulates the effect of heat stress on substrate oxidation rates during exercise. **European Journal of Sport Science**, v. 0, n. 0, p. 1–23, 2019.

MCNARRY, M. A.; LEWIS, M. J. Heart rate variability reproducibility during exercise. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 7, p. 1123–1133, 2012.

MILLET, G. P.; VLECK, V. E.; BENTLEY, D. J. Physiological differences between cycling and running: Lessons from triathletes. **Sports Medicine**, v. 39, n. 3, p. 179–206, 2009.

MITCHELL, J. H. Cardiovascular control during exercise: Central and reflex neural mechanisms. **The American Journal of Cardiology**, v. 55, n. 10, 1985.

- MYERS, J.; LEE, M.; KIRATLI, J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: An overview of prevalence, risk, evaluation, and management. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 86, n. 2, p. 142–152, 2007.
- NOVELLI, F. I. et al. Reproducibility of Heart Rate Variability Threshold in Untrained Individuals. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 2, p. 95–99, 2019.
- ORR, J. L. et al. Cardiopulmonary exercise testing: Arm crank vs cycle ergometry. **Anaesthesia**, v. 68, n. 5, p. 497–501, 2013.
- PERINI, R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3–4, p. 317–325, 2003.
- SALES, M. M. et al. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. **Diabetology and Metabolic Syndrome**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 2011.
- SHIRAIISHI, Y. et al. Real-time analysis of the heart rate variability during incremental exercise for the detection of the ventilatory threshold. **Journal of the American Heart Association**, v. 7, n. 1, p. 1–12, 2018.
- SHROUT, P. E.; FLEISS, J. L. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420–428, 1979.
- SIMÕES, R. P. et al. Use of heart rate variability to estimate lactate threshold in coronary artery disease patients during resistance exercise. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, n. 4, p. 649–657, 2016.
- SOUZA, L. V. DE et al. Cardiac autonomic modulation in healthy subjects with a family history of chronic kidney disease. **Jornal brasileiro de nefrologia : 'orgão oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia**, v. 35, n. 1, p. 42–47, 2013.
- SWAIN, D. P. et al. Validation of a new method for estimating $\dot{V}O_{2\max}$ based on $\dot{V}O_2$ reserve. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 8, p. 1421–1426, 2004.
- TASK FORCE. Guidelines Heart rate variability. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354–381, 1996.
- TULPPO, M. P. et al. Analysis of Heart Rate Dynamics During Exercise. **American Physiological Society**, p. 244–252, 1996.
- VASCONCELLOS, F. et al. Can Heart Rate Variability be used to Estimate Gas Exchange Threshold in Obese Adolescents? **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 654–660, 2015.

WASSERMAN, K. et al. Anaerobic Threshold and Respiratory Gas Exchange During Exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236–43, 1973.

WASSERMAN, K. et al. **Principles of Exercise Test and Interpretation**. 4th. ed. Baltimore: [s.n.].

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the sem. **J Strength Cond Res**, v. 19, n. 1, p. 231–240, 2005.

WEN, H. et al. The impact of body mass index on one-year mortality after spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1–9, 2019.

3.2 Manuscrito #2

Título do manuscrito: Concordância do Limiar da Variabilidade da Frequência Cardíaca medido através do ECG e do cardiofrequencímetro em Indivíduos com Lesão Medular

Título resumido: Validade do cardiofrequencímetro para avaliar o LiVFC em pessoas com lesão medular.

Tipo: Artigo original

Autores:

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva¹

Felipe Amorim Cunha^{2,3}

Tainah de Paula Lima²

Arthur de Sá Ferreira¹

Patrícia dos Santos Vigário¹

¹Post-Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Augusto Motta University Center (UNISUAM), Rio de Janeiro, Brazil.

²Post-Graduate Program in Exercise Science and Sports, University of Rio de Janeiro State, Rio de Janeiro, Brazil.

³Laboratory of Physical Activity and Health Promotion, University of Rio de Janeiro State, Rio de Janeiro, Brazil.

Address for correspondence:

Patrícia dos Santos Vigário, PhD. Rehabilitation Sciences, Augusto Motta University Center, UNISUAM. Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Zip code: 21032-060; Phone: +55 (21) 3882-9797 (code 2012). E-mail: patriciavigario@yahoo.com.br

Resumo

Introdução: A prática de exercícios físicos tem sido recomendada para pessoas com lesão medular (LM), que é uma população com grande risco de desenvolver doenças cardiometabólicas. O limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) pode ser utilizado para identificar o ponto do primeiro limiar ventilatório (LV_1), que é o ponto de transição entre intensidades de domínio leve para moderado. O principal equipamento para avaliação do LiVFC é o eletrocardiograma (ECG), porém para uma melhor aplicação fora de ambientes laboratoriais tem sido elaboradas ferramentas mais simples. Diante deste cenário, o objetivo do estudo é avaliar a concordância entre o cardiofrequencímetro e o ECG para identificar o ponto do LiVFC em indivíduos com LM. **Métodos:** Estudo seccional com a participação de 27 indivíduos (09 com tetraplegia, 08 com paraplegia e 10 sem LM). Foi realizado um teste cardiopulmonar em esforço progressivo (TCPE) em cicloergômetro para membros superiores. Foram realizadas comparações entre os subgrupos do estudo (Kruskal Wallis com *post hoc* de Bonferroni) e a verificação da validade das medidas foram verificadas pelo coeficiente de correlação intraclassa ($ICC_{2,1}$) e pela abordagem gráfica de Altman e Bland. O nível de significância estatística foi de 5%. **Resultados:** Para os tetraplégicos e paraplégicos, no ponto de identificação do LiVFC, as variáveis consumo de oxigênio (VO_2), frequência cardíaca (FC) e percentual da frequência cardíaca de reserva (%FCr) foram observados valores de confiabilidade excelentes ($ICC > 0,75$). No grupo sem LM, foram observados valores excelentes apenas na FC. **Conclusão:** Os resultados apresentados no presente estudo nos permitem concluir que o cardiofrequencímetro mostrou-se um instrumento válido para a avaliação do LiVFC em indivíduos com diferentes alturas de LM.

Palavras-chave: sistema nervoso autônomo; concordância; tetraplegia; paraplegia; reabilitação.

Introdução

A prescrição de treinamento cardiorrespiratório tem sido recomendado por diretrizes específicas para pessoas com lesão medular (LM) buscando a melhora da saúde e da qualidade de vida (GINIS et al., 2018). Uma forma de controlar as intensidades deste tipo de treinamento é através dos limiares ventilatórios. Pesquisas recentes com indivíduos com diferentes características relatam que o primeiro limiar ventilatório (LV₁) pode ser estimado pelo limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC), sendo este, por sua vez, identificado pelos índices rMSSD e SD1 (CUNHA et al., 2014; NOVELLI et al., 2019; SHIRAIISHI et al., 2018; VASCONCELLOS et al., 2015a).

O método padrão ouro para identificação dos índices da VFC é através do eletrocardiograma (ECG), porém outras técnicas têm sido utilizadas como o uso de diferentes modelos de cardiofrequencímetros, fotopletismografia e aplicativos de telefones (CUNHA et al., 2014; FLATT; ESCO, 2016; VASCONCELLOS et al., 2015b). O cardiofrequencímetro é um equipamento com menor custo e que pode ser utilizado fora de um ambiente laboratorial, sendo considerado uma alternativa mais prática para avaliação do balanço simpato-vagal e do LiVFC (VANDERLEI et al., 2009). Como é esperado que pessoas com LM apresentem disfunções autonômicas (BUKER; OYARCE; PLAZA, 2018) se torna importante investigar a concordância entre os valores medidos em diferentes técnicas nessa população.

Alguns estudos mostram boa concordância entre o ECG e os cardiofrequencímetros durante o repouso (NUNAN et al., 2009; WALLÉN et al., 2012) e durante o exercício (COTTIN et al., 2007; HERNANDO et al., 2018). Mas pelo que é de nosso conhecimento nenhum estudo avaliou a concordância entre o ECG e cardiofrequencímetro para identificação do LiVFC em pessoas com LM.

Considerando que pessoas com LM apresentam alto risco para desenvolver doenças cardiovasculares e metabólicas (CRAGG et al., 2013; LAVELA et al., 2012), são necessárias as avaliações periódicas desses indivíduos para que intervenções mais precisas sejam prescritas, monitoradas, e os efeitos reavaliados ao longo do tempo, de modo que estes riscos sejam minimizados. Dentro deste contexto, a utilização de ferramentas mais acessíveis, práticas e de baixo custo financeiro podem tornar esta rotina mais viável e um maior número de indivíduos investigados e acompanhados.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi investigar o nível de concordância do LiVFC avaliado em um teste cardiopulmonar em esforço (TCPE) medidos através do cardiofrequencímetro e do ECG em indivíduos paraplégicos, tetraplégicos e sem LM.

Materiais e métodos

Delineamento do estudo e participantes

Participaram do presente estudo seccional 27 indivíduos, sendo 9 tetraplégicos, 8 paraplégicos e 10 sem LM. Os participantes com LM do estudo foram selecionados em associações esportivas para indivíduos com tetraplegia e paraplegia. O grupo Controle foi recrutado por meio de divulgação verbal do estudo pelos pesquisadores envolvidos. Como critérios de inclusão todos os participantes deveriam ser homens, praticantes de esportes (rugby em cadeira de rodas para o grupo com tetraplegia e basquete em cadeira de rodas para o grupo com paraplegia) e ter idade igual ou superior 18 anos. Todos os indivíduos preencheram o questionário IPAQ versão curta (*International Physical Activity Questionnaire*) (MATSUDO et al., 2012) Os indivíduos sem LM deveriam ser classificados como “irregularmente ativo”, “ativo” ou “muito ativo” a partir do preenchimento do IPAQ. Os critérios de exclusão foram os seguintes: (a) uso de medicamentos que tenham impacto sobre as funções metabólicas, endócrinas ou sistemas cardiovasculares e (b) indivíduos que não conseguissem executar as manobras necessárias do TCPE. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa institucional (CAAE: 37041520.4.0000.5235), antes da participação na avaliação, todos os indivíduos leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Procedimentos

Os participantes permaneceram em ambiente silencioso, com boa iluminação e com temperatura entre 21 e 23° C. Antes da avaliação, os indivíduos foram instruídos a não praticar qualquer tipo de exercício físico nas últimas 24 horas, a abster-se de álcool, refrigerantes e cafeína nas oito horas anteriores ao teste, e jejuar por três horas antes do teste. Todas as medidas foram realizadas com o avaliado sentado. Cada sujeito visitou o laboratório uma vez para realizar os seguintes procedimentos: preenchimento de um

questionário para caracterização da deficiência e do treinamento, preenchimento do IPAQ, medidas antropométricas e realização do controle autonômico em repouso e TCPE. Todos os testes foram realizados aproximadamente à mesma hora do dia (entre as 7:00h e 11:00h) para evitar quaisquer efeitos da variação circadiana. Os avaliados foram orientados a não falar e não se mover excessivamente durante o repouso.

As avaliações da VFC usando o ECG e o cardiofrequencímetro foram iniciadas ao mesmo tempo e os dados foram registrados no repouso e durante o esforço. No repouso, os registros dos intervalos R-R foram feitos por um período de 10 minutos, porém para otimizar a estabilidade dos sinais da VFC, todos os índices foram calculados com base nos últimos 5 minutos de cada gravação (KYRIAKIDES et al., 2019).

Instrumentação e aquisição de dados

Os sinais eletrocardiográficos foram registrados e armazenados em tempo real durante os momentos considerados, utilizando-se o protocolo de 12 derivações (*software* Ergomet; Micromed; Brasil). Esses sinais foram transferidos para o computador com uma frequência de 1000 hz e unidade de tempo de 1 ms. Para tal, foram utilizados eletrodos de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) descartáveis (3M; Brasil). Antes da colocação dos eletrodos, a pele foi devidamente preparada e tricotomizada com auxílio de algodão ou gaze, de forma a minimizar a possibilidade de ruídos, sobretudo durante o esforço. Os dados do ECG foram analisados off-line por dois avaliadores experientes, que identificaram o pico R de cada complexo QRS. Os intervalos R-R foram convertidos para o formato .EDF para posterior análise no software Kubios Premium.. Os intervalos R-R para análise da VFC foram processados conforme as recomendações do *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* (1996). O *software* Kubios HRV Premium (*Biomedical Signal Analysis Group*, Departamento de Física Aplicada da Universidade de Kuopio, Kuopio, Finlândia) foi utilizado para calcular os índices da VFC. Para correção dos artefatos foi utilizado o filtro médio conforme usado em outros estudos (NOVELLI et al., 2019; SOUZA et al., 2013).

Após a colocação dos eletrodos, uma faixa elástica do dispositivo Polar V800 (Polar Electro Oy – Kempele, Finlândia) foi colocada logo abaixo do peito, com gel condutor aplicado de acordo com as instruções do fabricante. Para avaliar a VFC, os arquivos de registro foram transferidos para o *software* Polar Flow que permitiu a análise no tempo transcorrido (ms) entre os intervalos R-R e com frequência de 1000 hz nas

diferentes situações registradas. Os dados dos intervalos R-R foram convertidos para o formato de texto para posterior análise.

Teste Cardiopulmonar de Esforço

Após o repouso, o TCPE foi realizado em cicloergômetro para membros superiores (Top Excite; Technogym; Itália). Para os tetraplégicos, o incremento na carga se baseou na classificação funcional do rugby em cadeira de rodas (IWRF, 2019). O protocolo consistiu em: a carga inicial de 20W, aumentando 2W/min para os atletas com classificação funcional para a modalidade menor ou igual a 2,0 (menor funcionalidade) e 5W/min para aqueles com a classificação funcional maior ou igual que 2,5 (maior funcionalidade). Para os indivíduos paraplégicos e para o grupo controle o protocolo consistiu em carga inicial de 20W e incrementos de 5W/min. A ciclagem deveria ser mantida entre 50 e 60 rpm durante todo o teste. Este protocolo foi adaptado do protocolo proposto por Campos (2013).

Para a análise metabólica dos gases ventilatórios foi utilizado um analisador metabólico de gases (Medical Graphics; VO2000; Estados Unidos). A avaliação da vazão respiratória em tempo real foi realizada utilizando um pneumotacógrafo de fluxo médio, acoplado a um bocal. A ventilação pulmonar e as frações expiradas de O₂ e CO₂ foram medidas respiração-a-respiração (*breath by breath*) e armazenadas e plotadas como a média de 30 segundos pelo *software* Ergomet (Micromed; Brasil). O TCPE teve a característica sintoma-limitante e foi interrompido por solicitação do avaliado ou no aparecimento de algum critério de interrupção, de acordo com o *American College of Sports Medicine* (2018).

As variáveis consideradas no estudo foram VO₂, %VO₂R, FC, %FCR e potência (watts).

Cálculo dos índices da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Os dados R-R para análise da VFC foram processados de acordo com as recomendações do *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* (1996). O *software* Kubios HRV (*Biomedical Signal Analysis Group*, Departamento de Física Aplicada da Universidade de Kuopio, Kuopio, Finlândia) foi utilizado para calcular os índices da VFC. Uma

Transformada Rápida de Fourier (método de Welch) com uma janela de Hanning e sobreposição de 50% foi usada para estimar o espectro de densidade de potência da variabilidade do intervalo RR usando o *software* Kubios HRV. Para correção dos artefatos foi utilizado o filtro médio do software como usado em outros estudos (NOVELLI et al., 2019; SOUZA et al., 2013).

Determinação do Limiar da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Para determinar o LiVFC, os intervalos R-R foram calculados em janelas de 30 segundos durante todo o TCPE. O LiVFC foi identificado no primeiro momento em que a diferença entre o valor de SD1 entre dois estágios consecutivos fosse menor que 1ms, durante o TCPE. A escolha por este método é devido ao índice utilizado estar relacionado à atividade parassimpática e a avaliação do LiVFC é atribuída principalmente à retirada vagal (TULPPO et al., 1996). O índice SD1 foi utilizado em estudos anteriores para identificação do LiVFC (CUNHA et al., 2014; DOURADO; GUERRA, 2013; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008).

Análise Estatística

A normalidade dos dados foi ratificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados são apresentados usando valores de mediana, mínimo e máximo. As comparações das variáveis antropométricas, da VFC e cardiopulmonares em repouso entre os grupos foram testadas pelo teste Kruskal-Wallis. Nos casos em que houveram diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o post hoc foi realizado através de teste U de Mann-Whitney com correção de Bonferroni.

A concordância entre o LiVFC obtido pelo ECG e pelo cardiofrequencímetro, foi verificada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e pela abordagem gráfica de Altman e Bland (BLAND; ALTMAN, 1999). O ICC foi calculado por um modelo de análise de variância com efeitos aleatórios (*two-way random ANOVA model*), para análise de confiabilidade (*consistency*) (ICC_{2,1}). Valores de ICC foram classificados da seguinte maneira: <0,40: inaceitáveis; $\leq 0,40$ ICC $\leq 0,75$: aceitável e >0,75: excelente (SHROUT; FLEISS, 1979; WEIR, 2005). Abordagem gráfica de Altman e Bland foi feita a partir das diferenças entre os valores de cada uma das variáveis consideradas no estudo (eixo Y), e a média entre esses valores (eixo X). O limite inferior

foi calculado como a média das diferenças - 2 x (desvio-padrão das diferenças) e o limite superior como a média das diferenças + 2 x (desvio-padrão das diferenças) (BLAND; ALTMAN, 1999). O gráfico foi construído no *software* Microsoft Office Excel, versão 2010.

Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o IBM SPSS Statistics 20.0 (SPSSTM Inc., Chicago, IL, EUA). Em todos os casos, a significância estatística foi fixada em $P < 0,05$.

Resultados

Na Tabela 1 são mostradas as características da população envolvida no estudo quanto à idade, massa corporal total (MCT), estatura, índice de massa corporal (IMC), FC de repouso, FC de pico e consumo de oxigênio no pico do esforço (VO_2 pico). Os grupos se diferiram quanto à idade, os indivíduos com paraplegia mostraram maior idade que os indivíduos com tetraplegia ($p=0,02$). Diferença também foi observada na massa corporal total, sendo os indivíduos sem LM mais pesados que os indivíduos com tetraplegia ($p=0,007$). Em relação à FC pico, os tetraplégicos obtiveram valores menores que os paraplégicos ($p= 0,009$) e que o grupo Controle ($p= 0,001$), e os paraplégicos apresentaram valores menores que os indivíduos sem LM ($p= 0,05$). Quanto ao VO_2 de pico, o grupo Controle apresentou valores maiores que os outros grupos ($p \leq 0,001$). Não houve diferença quanto ao IPAQ entre os grupos ($p= 0,48$).

Na Tabela 2 são mostradas as características quanto ao nível, as causas e tempo de LM dos participantes.

Tabela 1 – Características da população estudada quanto à idade, estatura, massa corporal total, índice de massa corporal e consumo de oxigênio no pico do esforço.

| | Grupo | | | P-valor | | |
|--------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Tetraplegia (n=09) | Paraplegia (n=08) | Controle (n=10) | Tetraplegia vs. Paraplegia | Tetraplegia vs. Controle | Paraplegia vs. Controle |
| Idade (anos) | 34 (25 – 47) | 44,5 (25 – 50) | 31,5 (22 – 40) | 0,176 | 1,000 | 0,027 |
| Estatura (cm) | 180 (171 – 188,5) | 175 (164 – 184) | 181,5 (169 – 185) | 0,161 | 0,682 | 0,181 |
| MCT (kg) | 69 (50,7 – 80,1) | 80,2 (58,9 – 100,2) | 85,6 (71,5 – 102,0) | 0,184 | 0,007 | 0,878 |
| IMC (kg/m ²) | 21,7 (16,1 – 23,7] | 27,0 (19,9 – 29,6) | 27,0 (21,6 – 31,5) | 0,022 | 0,005 | 1,000 |
| FC repouso (bpm) | 63 (44-84) | 67 (59-92) | 64,5 (42-78) | 0,200 | 0,720 | 0,360 |
| FC pico (bpm) | 121 | 159 | 179 | 0,009 | 0,001 | 0,050 |

| | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|---------------------|-------|----------------|--------------|
| | (82-167) | (128-178) | (150-196) | | | |
| VO2pico (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 11,7 (5,7-19,1) | 13,9 (9,6-23,7) | 31,8 (22,6-38,6) | 0,311 | < 0,001 | 0,001 |

MCT= massa corporal total; IMC= índice de massa corporal; FC = frequência cardíaca; VO2 = consumo de oxigênio.

Tabela 2 – Características da lesão medular dos participantes do estudo

| Participante | Nível da lesão | Causa | Tempo de lesão (anos) |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Tetraplegia | | | |
| 1 | C5-C6 | Mergulho em águas rasas | 4 |
| 2 | C5-C6 | Acidente automobilístico | 14 |
| 3 | C7 | Mergulho em águas rasas | 15 |
| 4 | C5-C6 | Acidente automobilístico | 13 |
| 5 | C6-C7 | Mergulho em águas rasas | 13 |
| 6 | C4 | Atropelamento | 11 |
| 7 | C6-C7 | PAF | 24 |
| 8 | C5-C6 | Acidente automobilístico | 7 |
| 9 | C5-C6 | Acidente automobilístico | 8 |
| Paraplegia | | | |
| 1 | T9-T10 | PAF | 8 |
| 2 | T3-T4 | Síndrome mielite-transversa | 5 |
| 3 | T4-T5 | PAF | 26 |
| 4 | T1 | PAF | 7 |
| 5 | T4-T5 | PAF | 3 |
| 6 | T7 | PAF | 5 |
| 7 | L1-L2 | Tumor na medula espinhal | 4 |
| 8 | T3 | Acidente automobilístico | 11 |

PAF= Perfuração por arma de fogo

Em dois indivíduos tetraplégicos e um indivíduo paraplégico não foram encontrados valores que identificavam o LiVFC utilizando o cardiófrequencímetro. Dessa forma, tanto o grupo com tetraplegia quanto o grupo com paraplegia tiveram sete indivíduos para análise do LiVFC. Os valores de ICCs das variáveis no ponto de

identificação do LiVFC nos dispositivos analisados são mostrados na Tabela 3. Em todas as variáveis analisadas no grupo com tetraplegia foram evidenciadas uma confiabilidade excelente e com significância estatística, exceto para o percentual do VO₂ de reserva, sendo o menor valor na FC (ICC= 0,844; p=0,017) e o valor mais elevado no VO₂ (ICC = 0,955; p=0,001). Quanto aos paraplégicos, a única variável que não obteve concordância excelente foi a potência, que teve um ICC de 0,505, considerado aceitável. A única variável considerada excelente no grupo controle foi a FC (ICC = 0,800; p=0,016)..

Tabela 3 – Análise de validade do LiVFC entre o ECG e Cardíofrecnómetro utilizando variáveis do TCPE em cada grupo.

| Variável | Mediana (mínimo-máximo) ECG | Mediana (mínimo-máximo) Cardio frecnómetro | Coefficiente de Correlação Intraclasse (ICC _{2,1}) com intervalo de confiança de 95% | P- valor |
|---|-----------------------------------|---|---|--------------|
| VO₂(mL·kg⁻¹min⁻¹) | | | | |
| Tetraplegia | 8,0 (4,6-12,8) | 8,0 (4,2-13,7) | 0,952 (0,757; 0,992) | 0,001 |
| Paraplegia | 7,2 (6,0-11,6) | 6,7 (2,0-11,6) | 0,850 (0,266; 0,973) | 0,013 |
| Controle | 13,0 (6,7-15,9) | 12,5 (5,8-21,2) | 0,588 (-0,561; 0,896) | 0,101 |
| %VO_{2r} | | | | |
| Tetraplegia | 58,9 (39,5-73,4) | 64,6 (50,5-73,4) | 0,458 (-2,157; 0,907) | 0,238 |
| Paraplegia | 50,9 (17,5-93,4) | 57,7 (17,5-89,7) | 0,981 (0,890; 0,997) | 0,001 |
| Controle | 29,8 (13,0-51,5) | 34,2 (10,5-59,9) | 0,395 (-1,437; 0,850) | 0,223 |
| FC (bpm) | | | | |
| Tetraplegia | 99,0 (82,0-100,0) | 100,0 (82,0-114,0) | 0,844 (0,234; 0,972) | 0,017 |
| Paraplegia | 119,0 (99,0-135,0) | 124,0 (96,0-152,0) | 0,849 (0,015; 0,975) | 0,025 |
| Controle | 90,5 (79,0-134,0) | 102,5 (78,0-125,0) | 0,800 (0,143; 0,951) | 0,016 |
| %FC_r | | | | |
| Tetraplegia | 40,8 (19,8-73,2) | 48,6 (19,8-73,2) | 0,922 (0,547; 0,987) | 0,003 |
| Paraplegia | 64,8 (9,9-84,8) | 59,3 (14,3-96,6) | 0,951 (0,71; 0,992) | 0,001 |
| Controle | 33,2 (14,7-50,5) | 37,9 (18,7-63,6) | 0,617 (-0,541; 0,905) | 0,084 |
| Potência (watts) | | | | |
| Tetraplegia | 22,0 (22,0-40,0) | 22,0 (22,0-35,0) | 0,898 (0,353; 0,983) | 0,010 |
| Paraplegia | 27,5 (20,0-50,0) | 25 (25,0-45,0) | 0,523 (-2,074; 0,919) | 0,206 |
| Controle | 45,0 (25,0-55,0) | 47,5 (20,0-60,0) | 0,164 (-3,342; 0,803) | 0,405 |

VO₂ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca.

Os limites de concordância e a distribuição dos valores encontrados de cada indivíduo do grupo com tetraplegia, de acordo com a abordagem gráfica de Altman e Bland, estão apresentados na Figura 1 (a; b) para o VO_2 e na figura 2 (a; b) para a FC no ponto de identificação do LiVFC. Foi obtido um Bias no VO_2 de -0,586 (mínimo -3,828; máximo 2,656) e na FC de -3,143 (mínimo -18,902; máximo 12,616). Apenas no VO_2 foi encontrado um sujeito fora dos limites de concordância aceitável.

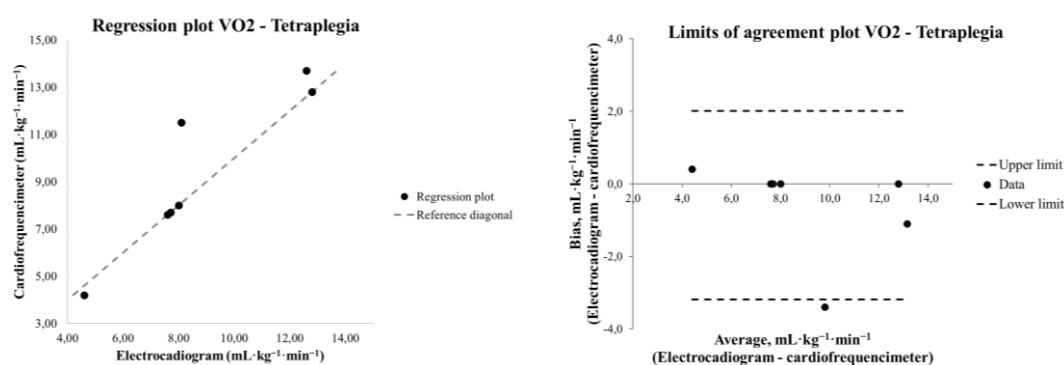


Figura 1 (a; b) – Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o ECG e o cardiofrequencímetro, do VO_2 no ponto de LiVFC, no grupo com Tetraplegia - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.

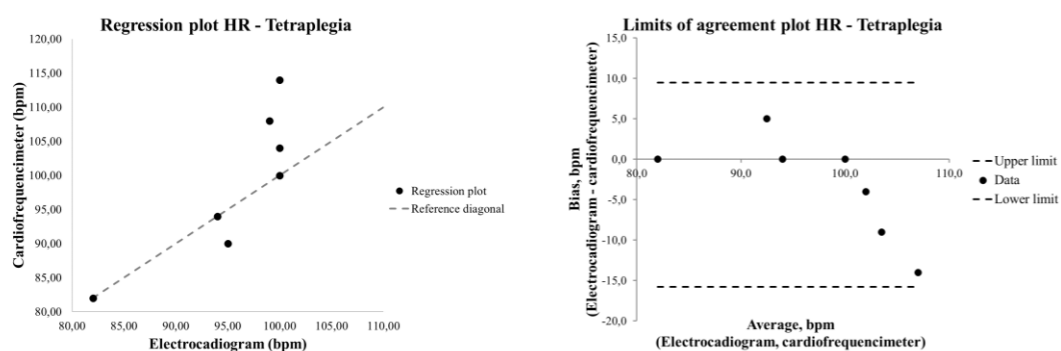


Figura 2 (a; b) – Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o ECG e o cardiofrequencímetro, da FC no ponto de LiVFC, no grupo com Tetraplegia - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.

A figura 3 (a; b) e a figura 4 (a; b) mostram os limites de concordância e a distribuição dos valores dos indivíduos com paraplegia, de acordo com a abordagem gráfica de Altman e Bland para as variáveis VO_2 e FC. Foi obtido um Bias no VO_2 de 2,857 (mínimo -22,472; máximo 28,186) e na FC de -0,714 (mínimo -29,415; máximo

27,987). Todos os indivíduos foram encontrados dentro dos limites de concordância aceitável nas duas variáveis.

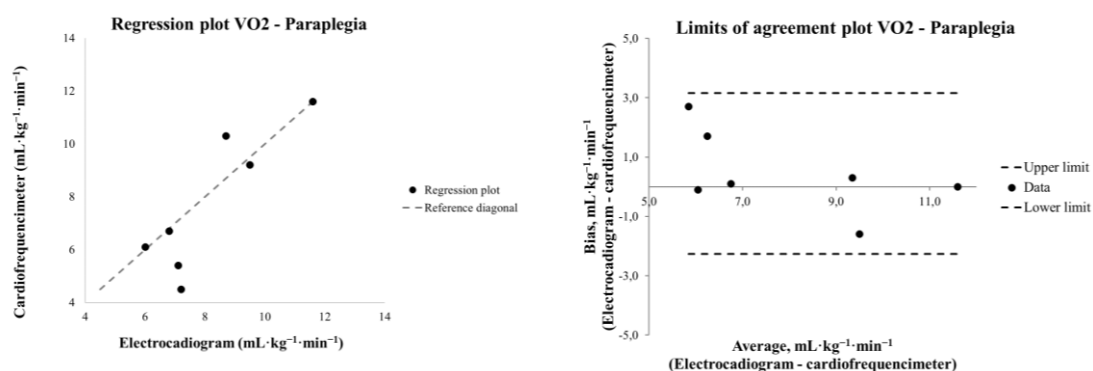


Figura 3 (a; b) – Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o ECG e o cardiofrequencímetro, do VO₂ no ponto de LiVFC, no grupo com Paraplegia - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.

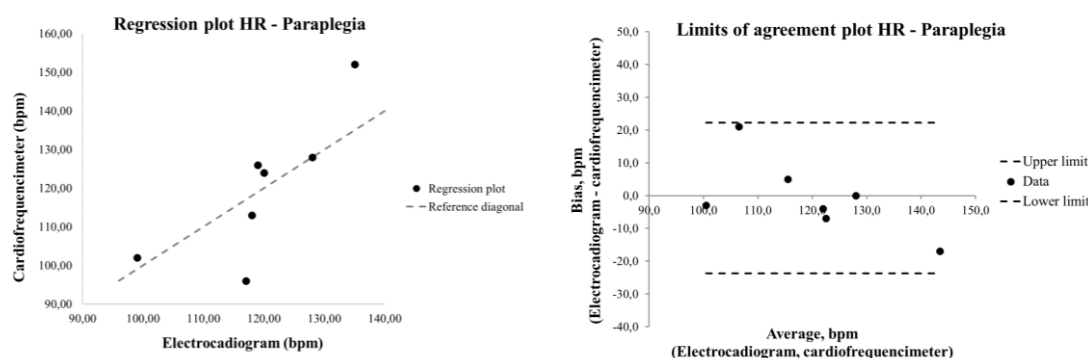


Figura 2 (a; b) – Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o ECG e o cardiofrequencímetro, da FC no ponto de LiVFC, no grupo com Paraplegia - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.

Os limites de concordância e a distribuição dos valores encontrados de cada indivíduo do grupo sem LM, de acordo com a abordagem gráfica de Altman e Bland, estão apresentados na figura 5 (a; b) para o VO₂ e na figura 6 (a; b) para a FC no ponto de identificação do LiVFC. Foi obtido um Bias no VO₂ de -1,430 (mínimo -11,356; máximo 8,496) e na FC de -1,100 (mínimo -36,199; máximo 33,999). Nas duas variáveis analisadas foi encontrado um sujeito fora dos limites de concordância aceitável.

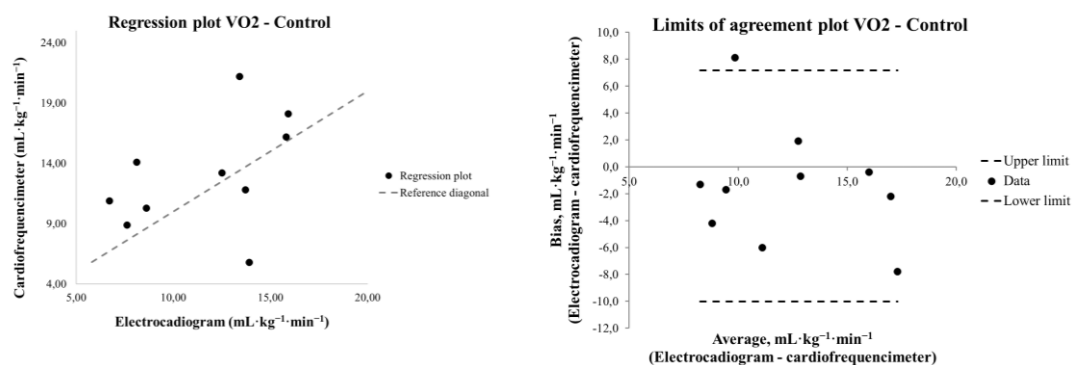


Figura 3 (a; b) – Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o ECG e o cardiofrequencímetro, do VO2 no ponto de LiVFC, no grupo Controle - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.

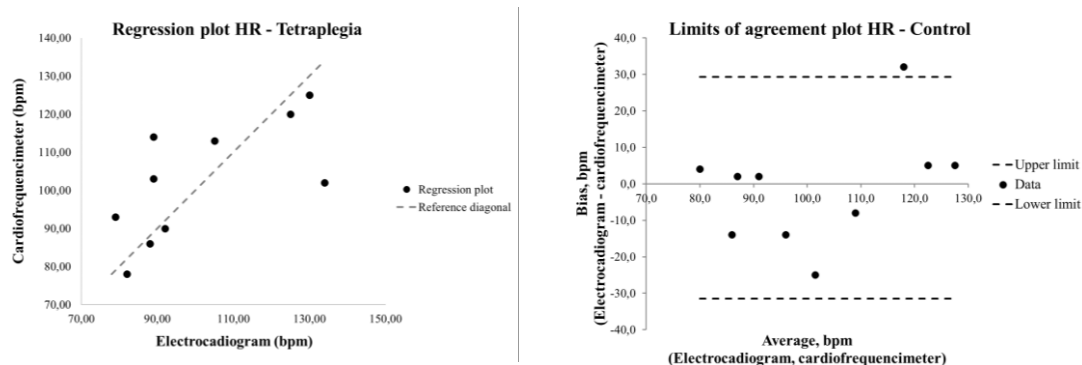


Figura 2 (a; b) – Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o ECG e o cardiofrequencímetro, da FC no ponto de LiVFC, no grupo Controle - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.

Discussão

O presente estudo investigou a concordância entre o ponto de identificação do LiVFC avaliados com um cardiofrequencímetro e os registros de ECG (técnica padrão-ouro) em indivíduos com LM. Os resultados encontrados sugerem que o cardiofrequencímetro é um instrumento válido, uma vez que os pontos para identificação do LiVFC investigados apresentaram confiabilidade classificada como excelente ou aceitável, independente da altura da lesão. Além disso, na abordagem de Altman e Bland, os valores encontrados na maioria dos avaliados se encontraram dentro dos limites de concordância aceitáveis.

O LiVFC tem sido objeto de estudo de muitas pesquisas nos últimos anos (DOURADO; GUERRA, 2013; MANKOWSKI et al., 2017; NOVELLI et al., 2019; SHIRAIISHI et al., 2018), incluindo investigações em diversas populações como em adolescentes obesos (VASCONCELLOS et al., 2015a), adultos saudáveis (CANDIDO et

al., 2015), atletas (COTTIN et al., 2007) dentre outras populações. Sendo o LiVFC considerado um excelente método para estimar a intensidade em que ocorre o LV_1 , se torna necessário investigar os diferentes dispositivos utilizados para esta análise. No entanto, as pesquisas relacionadas ao LiVFC em indivíduos com LM são escassas. Em relação a trabalhos científicos sobre a validação de um método mais simples do que o método padrão ouro para determinação do LiVFC, que seja de nosso conhecimento, este é o primeiro estudo.

Diversos estudos avaliaram a concordância do cardiofrequencímetro com o ECG em repouso mostrando concordâncias aceitáveis em diferentes populações (BARBOSA et al., 2016; NOVELLI et al., 2019; VASCONCELLOS et al., 2015b). No entanto, durante o exercício alguns índices da VFC não apresentam altos valores de concordância, como observado em estudo de Hernando et al. (2018) onde avaliou a concordância entre o cardiofrequencímetro e o ECG, no repouso e durante um exercício progressivo em adultos com média de idade de 34,8 anos. No estudo, foi observado que durante intensidades acima de 60% do VO_2 de pico, o índice HF, referente ao componente de alta frequência (*high frequency*), apresentava valores de confiabilidade e concordância abaixo de 0,60 e chegando próximo à valores de 0,30. Os autores utilizaram apenas os índices intervalo RR, componente de baixa frequência (LF - *low frequency*) e HF. Resultados semelhantes ocorreram no trabalho de Kingsley et al. (2005), onde com o incremento da intensidade do exercício aparecia diferenças significativas nos índices do domínio da frequência. O HF é considerado um marcador da atividade do sistema parassimpático, assim como os índices SD1 e rMSSD, que identificam o LiVFC (DOBBS et al., 2019).

Em trabalho de Caminal et al. (2018) que comparou o cardiofrequencímetro com Holter, envolvendo adultos, com idade entre 20 e 30 anos, realizando uma corrida de montanha, os valores de todos os índices da VFC, tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência, mostraram altas correlações ($r \geq 0,87$, $p < 0,001$) e excelentes limites de concordância. No entanto, o estudo não apresentou indicadores de intensidade do exercício como, por exemplo, VO_2 ou percentual da FC máxima. Weippert et al. (2010) avaliaram a concordância dos índices da VFC no domínio da frequência entre cardiofrequencímetros e ECG no repouso, durante caminhada e em exercícios de contração isométrica com intensidade de moderada a vigorosa em jovens com idades entre 22 e 31 anos. Foi relatado que os instrumentos utilizados no estudo (ECG e cardiofrequencímetros) apresentaram valores de ICC classificados como excelentes, porém também foram observadas discrepâncias não aceitáveis entre os instrumentos. Os

valores dos índices no domínio da frequência apresentaram boa concordância quando normalizados, mas não em valores absolutos. Os autores destacam que deve-se ter cautela ao interpretar os dados da VFC em altas cargas de trabalho, pois os algoritmos de detecção dos intervalos RR podem ser responsáveis pela discordância entre equipamentos com frequência de amostragem diferentes, sendo que no estudo os cardiofrequencímetros possuíam frequência de amostragem de 1ms, enquanto o ECG possuía de 5ms.

Durante exercícios com características de intensidades progressivas, a atividade parassimpática é reduzida até se estabilizar, caracterizando o LiVFC, que no presente estudo foi identificado pelo índice SD1. O LiVFC estima o LV_1 , que é o ponto de transição entre as intensidades do domínio leve para o moderado – metabolismo aeróbio para o anaeróbio (KEITH; JACOBS; MCLELLAN, 1992; MEYER; LUCIA; EARNEST, 2005). Durante o exercício podem ocorrer erros na detecção dos batimentos, pois o dispositivo do cardiofrequencímetro utiliza algum tipo de filtragem ou previsão quando um batimento não pode ser detectado com precisão, conforme citado no trabalho de Hernando et al. (2018). O que pode ter acontecido principalmente no grupo Controle, pois não possuíam familiarização com o ergômetro utilizado e nem estavam habituados a realizarem exercícios com aquelas características para os membros superiores. Uma possível fadiga muscular precoce pode provocar um aumento na movimentação de outras partes do corpo que não os braços, o que pode ocasionar movimento dos sensores e o mau contato da faixa torácica com a pele produzindo erro na leitura, causando uma diminuição ou ausência da amplitude da onda R e a incapacidade de detectá-la corretamente.

O estudo conduzido por Giles e Draper (2018) corrobora as informações de que intensidades cada vez mais altas resultam em maiores erros na análise dos índices da VFC. Os autores destacam que em intensidades acima de 60% do VO_2 de pico há menor confiabilidade dos dados, independente do tipo de correção para os artefatos, exclusão, filtragem ou interpolação. Caminal et al. (2018) descrevem alguns tipos de erros que podem ocorrer na identificação dos batimentos cardíacos pelo cardiofrequencímetro como detectar poucos ou muitos batimentos em um intervalo de tempo ou até mesmo não detectar. Mesmo com esses possíveis erros, a utilização do cardiofrequencímetro é aceitável, levando em consideração sua praticidade e, supostamente, pequenos erros de amplitude entre os intervalos RR.

O presente estudo possui algumas limitações como a não realização de um novo teste para a avaliação da reprodutibilidade das medidas (teste-reteste) e o tamanho amostral. No entanto, trata-se de uma primeira abordagem para a verificação da

concordância entre dois métodos para a investigação do LiVFC em indivíduos com LM, incluindo diferentes alturas. Destaca-se que esta população é composta por indivíduos com características e funcionalidades extremamente específicas, que variam de acordo com o grau de comprometimento da medula espinhal e seus efeitos sobre órgãos e sistemas, além de fatores ambientais tais como o processo de reabilitação. Os resultados mostraram-se promissores e abrem a possibilidade de utilização de instrumentos mais acessíveis, como o cardiofrequencímetro, para a prescrição de exercícios físicos para uma população que naturalmente apresenta um risco cardiovascular aumentado. Sendo a prescrição de exercícios pautada em informações mais precisas de cada sujeito, e portanto, atendendo às demandas individuais, os ganhos relacionados à saúde são maximizados.

Conclusão

Os resultados deste estudo sugerem que o cardiofrequencímetro é um instrumento válido para avaliação do LiVFC em indivíduos com diferentes alturas de LM. Isso se deve ao fato do cardiofrequencímetro ter apresentado confiabilidade excelente na maioria das variáveis para o ponto de identificação do LiVFC comparado ao ECG.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001, Fundação Carlos Chagas Filho para Apoio à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 10^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

BARBOSA, M. P. DA C. DE R. et al. Comparison of Polar® RS800G3TM heart rate monitor with Polar® S810iTM and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 2, p. 112–117, 2016.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Measuring agreement in method comparison Studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 8, n. 2, p. 135–160, 1999.

BUKER, D. B.; OYARCE, C. C.; PLAZA, R. S. Effects of spinal cord injury in heart rate variability after acute and chronic exercise: A systematic review. **Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation**, v. 24, n. 2, p. 167–176, 2018.

CAMINAL, P. et al. Validity of the Polar V800 monitor for measuring heart rate variability in mountain running route conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 3, p. 669–677, 2018.

CAMPOS, L. F. C. C. **Comparação entre métodos para mensuração da potência aeróbia em atletas tetraplégicos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação da Faculdade de Educação Física. UNICAMP, 2013.

CANDIDO, N. et al. Reliability of the Heart Rate Variability Threshold using Visual Inspection and Dmax Methods. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 13, p. 1076–1080, 2015.

COTTIN, F. et al. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 4, p. 287–294, 2007.

CRAGG, J. J. et al. Spinal cord injury and type 2 diabetes Results from a population health survey. **Neurology**, v. 81, n. 21, p. 1864–1868, 2013.

CUNHA, F. A. et al. Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 8, p. 706–714, 2014.

DOBBS, W. C. et al. The Accuracy of Acquiring Heart Rate Variability from Portable Devices: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 49, n. 3, p. 417–435, 2019.

DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 46, n. 2, p. 194–199, 2013.

- FLATT, A. A.; ESCO, M. R. Evaluating Individual Training Adaptation With Smartphone-Derived Heart Rate Variability in a Collegiate Female Soccer Team. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 378–385, 2016.
- GILES, D. A.; DRAPER, N. Heart Rate Variability during Exercise A Comparison of Artefact Correction Methods. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 3, p. 726–735, 2018.
- GINIS, M. et al. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: An update and a new guideline. **Spinal Cord**, v. 56, n. 4, p. 308–321, 2018.
- GRIGGS, K. E. et al. Thermoregulation during intermittent exercise in athletes with a spinal-cord injury. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 4, p. 469–475, 2015.
- HERNANDO, D. et al. Validation of Heart Rate Monitor Polar RS800 for Heart Rate Variability Analysis During Exercise. **J Strength Cond Res.**, v. 32, n. 3, p. 716–725, 2018.
- IWRF. **Manual de classificação da IWRF, 3a edição, revisado 2011**. Disponível em: <[http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_\(Portuguese\).pdf](http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_(Portuguese).pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2019.
- KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 652–657, 2008.
- KEITH, S. P.; JACOBS, I.; MCLELLAN, T. M. Adaptations to Training at the Individual Anaerobic Threshold. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 65, n. 4, p. 316–323, 1992.
- KINGSLEY, M.; LEWIS, M. J.; MARSON, R. E. Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 1, p. 39–44, 2005.
- KYRIAKIDES, A. et al. The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 42, n. 2, p. 212–219, 2019.
- LAVELA, S. L. et al. Males aging with a spinal cord injury: prevalence of

- cardiovascular and metabolic conditions. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 93, n. 1, p. 90–95, 2012.
- MANKOWSKI, R. T. et al. Heart-Rate Variability Threshold as an Alternative for Spiro-Ergometry Testing: A Validation Study. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 2, p. 474–479, 2017.
- MATSUDO, S. et al. Questionário Internacional De Atividade Física (Ipaq): Estupo De Validade E Reprodutibilidade No Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2012.
- MEYER, T.; LUCIA, A.; EARNEST, C. P. A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Gas Exchange Parameters - Theory and Application A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Parameters ± Theory and. **Int J Sports Med**, v. 26, n. Suppl 1, p. 38–48, 2005.
- NOVELLI, F. I. et al. Reproducibility of Heart Rate Variability Threshold in Untrained Individuals. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 2, p. 95–99, 2019.
- NUNAN, D. et al. Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 243–250, 2009.
- SHIRAIISHI, Y. et al. Real-time analysis of the heart rate variability during incremental exercise for the detection of the ventilatory threshold. **Journal of the American Heart Association**, v. 7, n. 1, p. 1–12, 2018.
- SHROUT, P. E.; FLEISS, J. L. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420–428, 1979.
- SOUZA, L. V. DE et al. Cardiac autonomic modulation in healthy subjects with a family history of chronic kidney disease. **Jornal brasileiro de nefrologia : 'orgão oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia**, v. 35, n. 1, p. 42–47, 2013.
- TASK FORCE. Guidelines Heart rate variability. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354–381, 1996.

- TULPPO, M. P. et al. Analysis of Heart Rate Dynamics During Exercise. **American Physiological Society**, p. 244–252, 1996.
- VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.
- VASCONCELLOS, F. et al. Can Heart Rate Variability be used to Estimate Gas Exchange Threshold in Obese Adolescents? **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 654–660, 2015a.
- VASCONCELLOS, F. V. A. et al. Heart rate variability assessment with fingertip photoplethysmography and polar RS800cx as compared with electrocardiography in obese adolescents. **Blood Pressure Monitoring**, v. 20, n. 6, p. 351–360, 2015b.
- WALLÉN, M. B. et al. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 3, p. 1153–1165, 2012.
- WEIPPERT, M. et al. Comparison of three mobile devices for measuring R – R intervals and heart rate variability : Polar S810i , Suunto t6 and an ambulatory ECG system Comparison of three mobile devices for measuring R – R intervals and heart rate variability : Polar S810i . **Eur J Appl Physiol**, v. 109, n. 4, p. 779–786, 2010.
- WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the sem. **J Strength Cond Res**, v. 19, n. 1, p. 231–240, 2005

3.3 Manuscrito #3

Title of the manuscript: Parasympathetic Reactivation after Cardiopulmonary Test at Effort in Individuals with Spinal Cord Injury.

Short title: Vagal reactivation in individuals with spinal cord injury

Type: Original article

Authors:

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva^{1,2}

Felipe Amorim Cunha³

Tainah de Paula Lima⁴

Arthur de Sá Ferreira¹

Patrícia dos Santos Vigário¹

¹Post-Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Augusto Motta University Center (UNISUAM), Rio de Janeiro, Brazil.

²Department of Physical Education, Bezerra de Araújo Faculty, Rio de Janeiro, Brazil.

³Institute of Physical Education and Sports, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

⁴Department of Clinical Medicine, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.

Address to correspondence:

Patrícia dos Santos Vigário, PhD. Rehabilitation Sciences, Augusto Motta University Center, UNISUAM. Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Zip code: 21032-060; Phone: +55 (21) 3882-9797 (code 2012). E-mail: patriciavigario@yahoo.com.br

Acknowledgment

This study was partially funded by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Brazil (CAPES) - Financial Code 001, Carlos Chagas Filho Foundation for Research Support in the State of Rio de Janeiro (FAPERJ), and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

[Home](#)[Author](#)[Review](#)

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to

Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports

Manuscript ID

SJMSS-O-1491-20

Title

Parasympathetic Reactivation after Cardiopulmonary Test at Effort in Individuals with Spinal Cord Injury.

AuthorsSilva, Pablo
Cunha, Felipe
de Paula, Tainah
Ferreira, Arthur
Vigário, Patrícia**Date Submitted**

30-Dec-2020

Summary

Introduction: This study aimed to investigate cardiac parasympathetic reactivation assessed through HRR and HRV after the cardiopulmonary exercise test (CPET) in individuals with SCI.

Methods: Cross-sectional study with 17 individuals with SCI, with 08 with paraplegia and 09 with tetraplegia and 10 individuals without SCI. The evaluated conducted assessment of cardiac autonomic control at rest, during, and after the CPET. HRR was determined from the absolute differences between peak HR and HR in the 3 minutes after exercise. The square root of the mean of the differences between RR intervals calculated for consecutive 30-second windows (rMSSD30s) was calculated to assess parasympathetic reactivation after CPET.

Results: A lower peak HR was observed in individuals with tetraplegia and a higher VO_2 and peak HR in individuals without SCI ($p \leq 0.05$). The HRR was significantly higher in the group without SCI, while the parasympathetic recovery was faster in the tetraplegic group, observed by the higher value of $\Delta\%rMSSD$. Furthermore, the $\Delta rMSSD$ (ie, rest minus rMSSD post-exercise every 30 seconds recovery period) was positively related to the high-frequency component (HF), rMSSD at rest in all groups analysed ($r_s = 0.68$ at 0.96 ; $p < 0.05$) and the standard deviation of all RR intervals (SDNN) in quadriplegics and without SCI ($r_s = 0.65$ to 0.75 ; $p < 0.05$) in the first minute of the recovery.

Conclusion: Parasympathetic reactivation after CPET depends on cardiac autonomic control at rest, regardless of whether the individual has SCI or not. As for HRR, individuals without SCI present better responses both in absolute and relative values.

Keywords: Tetraplegia; Paraplegia; Autonomic Nervous System; Heart Rate Variability; Heart Rate.

Introduction

People with spinal cord injury (SCI) have compromising in the control of the autonomic nervous system (ANS), especially in cervical and high thoracic injuries, causing cardiac arrhythmias and bradycardia. These compromising are due to the injury to the sympathetic branches that innervate the heart (GRIGOREAN et al., 2009). The height of the lesion is directly linked to the compromising cardiac autonomic modulation. People with high SCI (above the sixth thoracic vertebra - T6) have lower values of heart rate variability (HRV) compared to people with low SCI (below T6), that is, the more high is the lesion, the greater the complications will be at SNA (BIERING-SØRENSEN et al., 2018; KYRIAKIDES et al., 2019).

Changes in the ANS are associated with a bigger risk of developing cardiovascular diseases (BUCHHEIT et al., 2007; JAE et al., 2011; TULPPO et al., 2011). In the last decades, it has been possible to observe a significant increase in morbidity and in mortality due to cardiovascular diseases in people with SCI (MYERS; LEE; KIRATLI, 2007). So that, some authors highlight the importance to assess the level of the alterations in this population (MYERS et al., 2010b).

In this context, the recovery heart rate (HRR) and HRV are considered non-invasive physiological markers to assess cardiac ANS activity (CUNHA et al., 2015). The HR recovery after a maximum exercise involves a coordinated interaction of parasympathetic reactivation and sympathetic withdrawal (BORRESEN; LAMBERT, 2008), being an important indicator of cardiovascular health (COLE et al., 1999). The decrease in heart rate (HR), immediately after the effort, is an indicator of vagal reactivation and, for that reason, can be used as one complement to the clinical and/or physics evaluation of the individuals (SHETLER et al., 2001). Besides, Buchheit et al. (2007) reported that the withdrawal of sympathetic activity after the effort seems to have great contribution in reducing HR. The same authors also recommended the use of indices in the HRV time domain for evaluation the parasympathetic reactivation. The method proposed by Goldberger et al. (2006) has been widely used to assess parasympathetic reactivation after performing the exercise. This, consists of using 30-second windows of the index called the square root of the mean of the successive differences of the R-R intervals (rMSSD) in the HRV time domain.

Another important point to be studied is the association between cardiac vagal modulation at rest and parasympathetic reactivation after a cardiopulmonary exercise test at maximum effort (CPET) in individuals with SCI, since studies on the subject showed contradictory results in different populations (BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2007; NUNAN et al., 2010). To date, we are not aware of studies that have investigated the association between HRV markers at rest and post-exercise in this specific population. Thus, the present study aimed to investigate whether the level of injury and the vagal activity at rest are associated with parasympathetic reactivation expressed by HRR and rMSSD after CPET.

Materials and methods

Study design and participants

An observational sectional study was carried out. The study was submitted to and approved by the Institutional Research Ethics Committee (CAAE: 37041520.4.0000.5235) and all participants signed an Informed Consent Form before participating in the study.

The study included the participation of 27 individuals, nine people with SCI above C7 (Tetraplegia), eight people with SCI between T1 and T10 (Paraplegia), and 10 people without SCI. The study participants with SCI were selected at sports associations for individuals with paraplegia and tetraplegia. For the composition of the group without SCI, a random sample was selected, with 10 participants, recruited through verbal dissemination of the study by the researchers involved.

The following inclusion criteria were used: male, age ≥ 18 years, presence of incomplete tetraplegia or paraplegia, with the stable clinical condition \geq three months of sports practice \geq six months (wheelchair rugby, in the case of tetraplegics, and basketball in a wheelchair, in the case of paraplegics). The individuals without SCI should be classified as "irregularly active", "active" or "very active", after completing the IPAQ short version (International Physical Activity Questionnaire) (MATSUDO et al., 2012).

As exclusion criteria, the following factors were considered: use of medications that could influence at the metabolic, endocrine function, or, on the cardiovascular system, or any limitation for performing the CPET.

Procedures

The study was conducted in one visit. First, the participants completed a questionnaire to characterize the disability and training, as well completed the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Then, the anthropometric measurements were taken and, after their completion, the participants adopted the sitting position for data collection in the resting situation (autonomic control and VO_2). After the resting measurements, was performed CPET and the data were collected up to three minutes of post-exercise recovery. The tests were carried out, in a quiet environment, between 7:00 and 11:00 am, to avoid any effects of the circadian variation.

Cardiopulmonary test in progressive effort

Before the start of CPET participants remained seated, in silence, for 10 minutes, in a quiet room, which was maintained at a relatively constant temperature. After the assessment of the variables at rest, the evaluated individuals had a light snack. For the evaluation of control cardiac autonomic at the effort, it was made the CPET on a cycle ergometer for upper limbs (Top Excite, Technogym, Italy). For tetraplegics, the protocol used was based on the functional classification of the modality wheelchair rugby (IWRF, 2019). The protocol consisted of: initial load of 20 W, that load was increased every minute by 2 W, for tetraplegic individuals with a functional rating (for the modality) less than or equal to 2.0; and by 5 W for those with a functional rating greater or equal to 2.5 (greater functionality), for paraplegics, and for the group without SCI. The cycling speed remained between 50 and 60 rpm, throughout the test. This protocol was adapted from that proposed by Campos(2013), which was performed with tetraplegic athletes. The participants were verbally encouraged to make the maximum effort. The CPET had the characteristic of limiting-symptom,

and it was interrupted, at the request of the evaluated individual, or when some interruption criterion appeared, according to the American College of Sports Medicine(2018).

The metabolic analysis of ventilatory gases was determined using a metabolic analyzer of gas (Medical Graphics; VO2000; United States). The evaluation of respiratory flow in real-time was performed using the medium flow pneumotachograph coupled to a mouthpiece. Pulmonary ventilation and expired O₂ and CO₂ fractions were measured breath-by-breath, and stored and plotted as the average of 30 seconds by the Ergomet software (Micromed; Brazil). The use of the averages for every 30 seconds, during the CPET, allows a good performance to remove or attenuate the noises of the VO₂ data caused by the high variations breath-to-breath(MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2007). The ambient temperature during all tests varied from 21 to 23°C, and the relative humidity from 55 to 70%.

The tests were considered maximum when the evaluated ones met, at least, three of the four criteria described by Howley, Basset and Welch(1995): a) maximum voluntary exhaustion defined by obtaining 10 on the Borg scale, on the 0-10 scale; bb) 90% of the predicted HR_{max} (220 - age), or presence of a heart rate plateau (Δ between two stages, of consecutive work, less than or equal to 4 bpm); c) presence of a plateau in VO₂ (Δ VO₂ between two consecutive intensities minor than 2.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹); d) maximum respiratory exchange ratio (R_{max})> 1.10. For analysis purposes, the following variables were considered: peak (VO₂ peak) relative (ml·kg⁻¹·min⁻¹) and absolute (L/min) oxygen consumption, pulmonary ventilation (VE; L/min), time total effort (min), oxygen pulse and respiratory quotient (R).

HR and HRV assessment

Cardiac autonomic control was investigated by analyzing heart rate variability indices, obtained by counting RR intervals (ms). RR intervals were obtained through the electrocardiogram at three different times: rest (pre-effort), during the progressive effort, and immediately after effort (recovery).

The electrocardiographic signals were recorded, and stored in real-time, during the three described stages, through derivations protocol (software Ergomet; Micromed; Brazil). These signals were transferred to the computer, with a frequency of 1000 Hz, and a time unit of 1 ms. For this, disposable silver/silver chloride (Ag/AgCl) electrodes were used (3M; Brazil). Before placing the electrodes, the skin was properly prepared and trichotomized, with the aid of cotton or gauze, to minimize the possibility of noise, especially during exertions. RR intervals were converted to the (EDF) format, for further analysis in the Kubios Premium software.

For HRV analysis, all RR intervals were processed according to the recommendations of the Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology(1996). The Kubios HRV Premium version 3.3 software (Biomedical Signal Analysis Group, Department of Applied Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finland) was used to calculate HRV indices. The artifacts were corrected, through the medium filter, of the software Kubios HRV Premium(NOVELLI et al., 2019; SOUZA et al., 2013).

For time-domain analysis, measurements of RR intervals, the standard deviation of all RR intervals (SDNN), of rMSSD, and of the percentage of adjacent RR intervals with a difference in duration greater than 50ms (PNN50) were used. The analysis of HRV, in the frequency domain, it was performed from the low-frequency band (LF) indices, which was used as a marker of sympathetic nervous system activity, at

the same time that the high-frequency band (HF) was used as a vagal modulation index. The spectral values were presented in absolute powers (ms^2) and normalized units. The LF: HF ratio was adopted as sympathovagal balance index.

Evaluation of HRV at rest

For analysis of cardiac autonomic control at rest, participants were instructed not to perform any physical activity within 24 hours before the assessment and not to drink alcoholic or caffeinated beverages for at least eight hours. The evaluation was performed with individuals in a sitting position (spinal cord injured: wheelchair; non-injured group: conventional chair), in an air-conditioned laboratory, with good lighting and quiet. The recordings of RR intervals by the electrocardiogram were made for a period of 10 minutes, however, for analysis purposes, only the last five minutes were considered.

Determination of HR and HRV after exercise

Soon after the end of the CPET, the participants performed a passive recovery. HRR was assessed based on the absolute differences between HR_{peak}, and HR values, every minute after exercise (COLE et al., 1999), for 3 minutes. In addition to the HRR with absolute values, the relative drop in HR, during 3 minutes of recovery $\% \text{HRR} = [(\text{HRR} / \text{HR}_{\text{peak}}) \times 100]$ was also calculated. To assess parasympathetic reactivation in the first 3 minutes, after the end of each CPET, the vagal index of HRV in the time-domain, rMSSD, was calculated, sequentially, every 30 seconds of the recovery period (rMSSD30s). The rMSSD index was used in other studies evaluating vagal reactivation after physical exercise (CUNHA et al., 2015; DUARTE et al., 2015).

Statistical analysis

Statistical analyzes were performed using the IBM SPSS Statistics 20.0 software (SPSS, Chicago, USA). The normality of the variables was assessed by the test of Shapiro-Wilk. The descriptive statistics were reported as the median, and minimum and maximum values.

The comparisons between the groups of anthropometric, HRV and cardiopulmonary variables at rest, during and after CPET were tested by the Kruskal-Wallis test. In the presence of statistically significant differences, the *post hoc* was performed using the Mann-Whitney U test with Bonferroni correction.

The rMSSD index during the first 3 minutes of recovery after CPET was calculated at 30-second intervals. To compare rest and the different moments of the recovery, the relative increase in this index, during recovery was calculated $\Delta\% \text{rMSSD} = [(\text{rMSSD}_{30\text{s}} / \text{rMSSD}_{\text{rest}}) \times 100]$. The analysis was performed using Friedman's non-parametric test, with the intention of discover possible statistical differences between the moments, within each group. Thereafter, Wilcoxon's non-parametric test was performed, comparing the moments with the aim of finding possible statistical differences pointed out in the Friedman test. Bonferroni correction was used considering the possible combinations. The relation between LF, HF, ratio LF: HF, SDNN, and rMSSD in rest versus ΔrMSSD (ie rMSSD rest minus rMSSD post-exercise), every 30 seconds, at the recovery period of each CPET was analyzed using the correlation coefficient of Spearman (r_s). The statistical significance considered for all tests was 5%.

Results

Table 1 shows the descriptive statistics for age, anthropometric variables, and maximum responses of CPET, such as HR peak, HR in the first three minutes of recovery, and VO₂ peak. The group without SCI showed significant differences in relation to the group with paraplegia for the age variables, VO₂ peak and HRpeak ($p < 0.05$), and for the group of tetraplegia, to the variables weight, BMI, VO₂ peak and HRpeak ($p < 0.05$). Lastly, there were significant differences between the groups with spinal cord injury for the variables BMI and HRpeak ($p < 0.05$).

Insert Table 1

Table 2 shows the HRV indices at rest in groups with and without SCI. As can be seen, no significant differences were found for the indexes assessed between the groups studied (both in the time domain and in the frequency domain) - [$p > 0.05$].

Insert Table 2

The values of $\Delta\%rMSSD$ are shown in Figure 1. Significant differences between groups were observed from the 90-second window, until the end of recovery. In pairwise comparisons, the $\Delta\%rMSSD$ was higher in the tetraplegic group, when compared to paraplegics ($p < 0.05$), as well as when compared to the group without SCI, in the windows of 90, 120, 150, and 180 seconds ($p < 0.05$). However, the paraplegic group did not differ from the group without SCI for this same variable ($p > 0.05$).

Insert Figure 1

In Table 3 is shown the comparison of the intragroup rMSSD between the moments of rest and recovery. The group with tetraplegia showed a significant difference in the window of 30 seconds concerning rest, while paraplegics showed differences in the windows of 60, 120, and 150 seconds. Lastly, in the group without SCI, all intervals were different from the rest results, except for the 150 and 180 seconds windows.

Table 4 shows the relationships between the resting variables with $\Delta rMSSD$ every 30 seconds in the recovery period. Positive and significant relationships between rMSSD at rest and $\Delta rMSSD$ were observed in the first minute of recovery in all groups. However, only in the group without SCI and with paraplegia this relationship was statistically significant throughout the recovery. The LF index showed positive and significant correlations starting from the 90-second window, in the group without SCI, and at the 90, 150, and 180 seconds windows, in the paraplegic group. The HF index in the rest, which reflects cardiac parasympathetic activity, was positively correlated with $\Delta rMSSD$, in the first minute of recovery, with r_s ranging from 0.77 to 0.94 ($p < 0.05$), in all groups, and at three minutes post-exercise, only in the group without SCI, varying from 0.82 to 0.94 ($p < 0.01$).

Besides that, negative relationships were observed between the LF: HF at rest, and the $\Delta rMSSD$, during all the recovery within groups without SCI and with tetraplegia, and half of the windows between the paraplegic ($r_s = -0,15$ a $-0,78$). However, significant negative relationships were only seen in the first

post-exercise window in the group without SCI ($p < 0.05$) and in the first minute of recovery in tetraplegics ($P < 0.05$). The SDNN index, at rest, correlated positively with $\Delta rMSSD$, throughout all recovery, in individuals without the injury with r_s varying from 0.65 to 0.89 ($p < 0.05$). Lastly, among spinal cord injured people, there was a significant correlation in the first minute ($r_s = 0.69$ and 0.75 ; $p < 0.05$) in the group with tetraplegia and paraplegics, this correlation occurred from the 90-second window. (r_s between 0.72 and 0.95; $p < 0.05$).

Insert Table 3

Insert Table 4

Discussion

This research investigated whether the height of the SCI, and the HRV indices at rest, influence parasympathetic reactivation after CPET. The main findings were: 1) the HRR was significantly lower in individuals with SCI than in the group without SCI; 2) the parasympathetic reactivation after CPET, evaluated by $\Delta rMSSD$ 30s, seems to be more dependent on cardiac autonomic control at rest and less dependent on the height of the lesion.

The efficiency of HRR after maximal exercises is associated with the ability of the cardiovascular system to inverse the adaptations that are caused by the ANS during the effort, which is, reactivating parasympathetic activity and reducing sympathetic activation (HOLT et al., 2018). The vagal predominance at rest, a more efficient HRR, and a faster parasympathetic reactivation are associated with better cardiovascular health, as well as an autonomic imbalance is related to a higher risk of mortality (MYERS et al., 2010b). Both indices: resting HRV, and HRR, are tools used to assess cardiac autonomic control, so that this information becomes important knowing that people with high SCI present such an imbalance (BUNTEN et al., 1998).

In the present study, the values at rest of HRV indices in the domain of time and frequency did not differ between groups. The same happened in some time-domain indices in the research of Rosado-Rivera et al (2011). However, in the study by Claydon et al. (2008), the LF (n.u.), and LF ratio: HF, were statistically lower in the group with cervical SCI, than in the group with thoracic SCI ($p < 0.05$), and in individuals without lesion ($p < 0.05$). The HF index (n.u.), in turn, was higher in tetraplegics, when compared to paraplegics ($p < 0.05$), and with no difference with individuals without SCI. These data corroborate with the results of another study that found lower values for the PNN50, LF, and HF indices among the injured groups (paraplegic and tetraplegic) concerning the individuals without SCI (ABREU et al., 2016).

In a study conducted by Claydon et al. (2006), which had 19 individuals with cervical SCI and eight with thoracic SCI, it was demonstrated a higher HRpeak after CPET in paraplegic individuals (158 bpm vs. 105 bpm; $P < 0.001$). HR decreased during all minutes post-effort and returned to baseline values after five minutes of recovery. However, it was observed higher reductions throughout the recovery, in subjects with thoracic SCI ($p < 0.001$). Myers et al. (MYERS et al., 2010b) investigated HRR in 63 people with SCI (26 with tetraplegia, 22 with high paraplegia, and 15 with low paraplegia) and 26 individuals without SCI. The authors reported that both individuals without SCI and paraplegic individuals had a faster fall in HRR than

tetraplegics. However, when the HRR was normalized by the reserve HR (reserve HR = peak HR - resting HR), tetraplegics had significantly faster HRR compared to the other groups. In our study, HR at peak effort was significantly higher in the group without SCI, followed by paraplegics and tetraplegics, which was already expected. This can be explained by the fact that individuals with cervical SCI have impairments in cardiac sympathetic modulation (BUNTEN et al., 1998; HOU; RABCHEVSKY, 2014).

Regarding $\Delta\%$ HRR, the group without lesions showed a greater decrease compared to paraplegic patients in the three recovery minutes, with no significant difference between the individuals with damage, and between the tetraplegic, and the group without SCI. According to Cole et al. (1999), a recovery below 12 bpm in the first minute post-effort may be indicative of autonomic imbalance, that is, a decrease in parasympathetic tone and/or an increase in sympathetic tone. Studies pointed that such an imbalance is an independent risk factor for mortality, even in individuals with no historic of cardiovascular disease (WATANABE et al., 2001). It is important to highlight that, in the present study, all the groups analyzed showed median HR reductions greater than 12 bpm in the first minute after CPET, except for one individual in the tetraplegic group and one in the paraplegic group.

Another data that deserves to be highlighted is the rMSSD behavior during the post-exercise recovery. It was observed that the $\Delta\%$ rMSSD30s was different in the group tetraplegia, in relation to the other groups, from the 90-second window. In all groups, there were no significant differences between consecutive windows during recovery. We note that the value of rMSSD in the group tetraplegia returned to resting levels, from the 90-second window. In the group without SCI, the values were similar to rest, after the window of 150 seconds. In the group paraplegia, in turn, the value of this variable proved to be different from the resting, in the windows 30, 90, and 180 seconds. Our findings differ from the analysis performed by Abreu et al (2016) who evaluated seven tetraplegics, and eight individuals without SCI. In this study, the authors observed that the group without SCI showed a gradual increase in the rMSSD index, while tetraplegics continued with the index low until the final minutes of recovery. In our study, it appears that paraplegics had a reduced parasympathetic reactivation, as observed in the study by Myers et al (MYERS et al., 2010b). The autonomic contribution to cardiac deceleration after physical exercises is still poorly understood, as other factors contribute to this decline (CUNHA et al., 2015). Myers et al. (MYERS et al., 2010b) relate that a reduced HRV may represent an intrinsic deficiency of the vagal reactivation, changes in the sensitivity of baroreceptors, or the combination of these factors so that this problem also raises further investigation.

The association between HRV indices at rest and Δ rMSSD is another data that needs to be highlighted, since the studies that evaluated post-exercise parasympathetic reactivation in people with SCI did not analyze the relationship between HRV indices at rest and the period post-exercise. Among the studies carried out on this theme, it is common to observe the association of HRR with the indexes at rest (ABREU et al., 2016; CLAYDON et al., 2006). Similar results to those of our group were found in the studies by Cunha et al. (2015) and Duarte et al. (2015), where both studies showed that healthy young people with higher values of vagal modulation at rest, showed faster parasympathetic reactivation. It is noteworthy that the reactivation of vagal post-exercise is a different event of the vagal modulation at resting because in intense exercises parasympathetic activity is insignificant for the control of HR and, in resting, there is both the contribution parasympathetic and sympathetic to such control (DUARTE et al., 2015; GOLDBERGER

et al., 2006). Probably, the reduction of sympathetic activity in tetraplegics may have influenced the relationship between $\Delta rMSSD30s$ and the LF index at rest. Among paraplegics and the group without SCI, this relationship was significant, from the 90-second window of recovery.

A limitation of the present study is the sample size; however, this number of participants with SCI is reported in other studies considering that this is a very specific population. Future research will be carried out to relate the time of exercise, the cardiorespiratory capacity, and the use of other protocols in cycle ergometer with the parasympathetic reactivation in individuals with SCI.

Perspective

Our results showed that post-exercise parasympathetic reactivation is influenced by cardiac parasympathetic modulation at rest, that is, higher values of the indexes that reflect parasympathetic activity at rest would result in a better response in reducing HR after CPET. These findings can be used in decision making in the clinical context, where vagal modulation at rest, HRR and post-exertion HRV can be considered in the elaboration and monitoring of training programs in individuals with SCI. From a practical perspective, vagal modulation at rest appears to play a key role in post-exercise parasympathetic reactivation, regardless of the height of the SCI. These findings have a direct impact on the interpretation of the influence of SCI height on vagal rest modulation and HRR.

References

1. Grigorean VT, Sandu AM, Popescu M, et al. Cardiac dysfunctions following spinal cord injury. *J Med Life*. 2009;2(2):133-145.
2. Kyriakides A, Poulidakos D, Galata A, Konstantinou D, Panagiotopoulos E, Chroni E. The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2019;42(2):212-219. doi:10.1080/10790268.2017.1383709
3. Biering-Sørensen F, Biering-Sørensen T, Liu N, Malmqvist L, Wecht JM, Krassioukov A. Alterations in cardiac autonomic control in spinal cord injury. *Auton Neurosci Basic Clin*. 2018;209:4-18. doi:10.1016/j.autneu.2017.02.004
4. Tulppo MP, Kiviniemi AM, Hautala AJ, et al. Sympatho-vagal interaction in the recovery phase of exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2011;31(4):272-281. doi:10.1111/j.1475-097X.2011.01012.x
5. Jae SY, Heffernan KS, Lee M, Fernhall B. Relation of heart rate recovery to heart rate variability in persons with paraplegia. *Clin Auton Res*. 2011;21(2):111-116. doi:10.1007/s10286-010-0096-0
6. Buchheit M, Papelier Y, Laursen PB, Ahmaidi S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *Am J Physiol Circ Physiol*. 2007;293(1):H8-H10. doi:10.1152/ajpheart.00335.2007

7. Myers J, Lee M, Kiratli J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: An overview of prevalence, risk, evaluation, and management. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007;86(2):142-152. doi:10.1097/PHM.0b013e31802f0247
8. Myers JN, Hsu L, Hadley D, Lee MY, Kiratli BJ. Post-exercise heart rate recovery in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2010;48(8):639-645. doi:10.1038/sc.2009.196
9. Cunha FA, Midgley AW, Gonçalves T, Soares PP, Farinatti P. Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. *Springerplus.* 2015;4(1):1-9. doi:10.1186/s40064-015-0882-1
10. Borresen J, Lambert M. Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. *Sport Med.* 2008;38(8):633-646. doi:10.1103/PhysRevD.41.2634
11. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.* 1999;341(18):1351-1357. doi:10.1056/NEJM199910283411804
12. Shetler K, Marcus R, Froelicher VF, et al. Heart rate recovery: Validation and methodologic issues. *J Am Coll Cardiol.* 2001;38(7):1980-1987. doi:10.1016/S0735-1097(01)01652-7
13. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol.* 2006;290(6):2446-2452. doi:10.1152/ajpheart.01118.2005
14. Nunan D, Jakovljevic DG, Donovan G, Singleton LD, Sandercock GRH, Brodie DA. Resting autonomic modulations and the heart rate response to exercise. *Clin Auton Res.* 2010;20(4):213-221. doi:10.1007/s10286-010-0073-7
15. Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *Eur J Appl Physiol.* 2007;100(3):363-369. doi:10.1007/s00421-007-0438-3
16. Matsudo S, Andrade T, Matsudo V, et al. International Physical Activity Questionnaire (Ipaq): Validity and Reproducibility Test in Brazil. *The Brazilian Journal of Physical Activity & Health.* 2012;6(2):5-18. doi:10.12820/rbafs.v.6n2p5-18
17. IWRF. Manual de classificação da IWRF, 3a edição, revisado 2011. INTERNATIONAL WHEELCHAIR RUGBY FEDERATION. [http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_\(Portuguese\).pdf](http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_(Portuguese).pdf). Published 2019. Accessed August 30, 2019.
18. CAMPOS LFCC. Comparison between methods for measuring aerobic power in quadriplegic athletes. 2013.

19. ACSM. *ACSM Guidelines for Stress Testing and Prescription*. 10^a. (Koogan G, ed.). Rio de Janeiro; 2018.
20. Midgley AW, Mcnaughton LR, Carroll S. Effect of the $\dot{V}O_2$ time-averaging interval on the reproducibility of $\dot{V}O_{2max}$ in healthy athletic subjects. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2007;27(2):122-125. doi:10.1111/j.1475-097X.2007.00725.x
21. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for Maximal Oxygen Uptake: Review and Commentary. *Med Sci Sport Exerc*. 1995;27(9):1292-1301.
22. TASK FORCE. Guidelines Heart rate variability. *Eur Heart J*. 1996;17:354-381. doi:10.1161/01.CIR.93.5.1043
23. Souza LV de, Mira PA de C, Freitas IMG, et al. Cardiac autonomic modulation in healthy subjects with a family history of chronic kidney disease. *J Bras Nefrol*. 2013;35(1):42-47. doi:10.5935/01012800.20130007
24. Novelli FI, De Araújo JA, Tolazzi GJ, Tricot GK, Arsa G, Cambri LT. Reproducibility of Heart Rate Variability Threshold in Untrained Individuals. *Int J Sports Med*. 2019;40(2):95-99. doi:10.1055/a-0800-8633
25. Duarte A, Soares PP, Pescatello L, Farinatti P. Aerobic training improves vagal reactivation regardless of resting vagal control. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(6):1159-1167. doi:10.1249/MSS.0000000000000532
26. Holt AC, Plews DJ, Oberlin-Brown KT, Merien F, Kilding AE. "Cardiac Parasympathetic and Anaerobic Performance Recovery After High Intensity Exercise in Rowers" by Holt AC et al. International Journal of Sports Physiology and Performance Section: Original Investigation Article Title: Cardiac Parasympathetic and An. *J Int J Sport Physiol Perform Accept Date*. 2018. doi:10.1123/ijsp.2018-0200
27. Bunten DC, Warner AL, Brunnemann SR, Segal JL. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. *Clin Auton Res*. 1998;8(6):329-334. doi:10.1007/BF02309623
28. Rosado-Rivera D, Radulovic M, Handrakis JP, et al. Comparison of 24-hour cardiovascular and autonomic function in paraplegia, tetraplegia, and control groups: Implications for cardiovascular risk. *J Spinal Cord Med*. 2011;34(4):395-403. doi:10.1179/2045772311Y.0000000019
29. Claydon VE, Krassioukov A V. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol*. 2008;294(2):668-678. doi:10.1152/ajpheart.00869.2007
30. Abreu EM de C, Alves R de S, Borges ACL, Lima FPS, de Paula Júnior AR, Lima MO. Autonomic cardiovascular control recovery in quadriplegics after handcycle training. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(7):2063-2068. doi:10.1589/jpts.28.2063

31. Claydon VE, Hol AT, Eng JJ, Krassioukov A V. Cardiovascular Responses and Postexercise Hypotension After Arm Cycling Exercise in Subjects With Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(8):1106-1114. doi:10.1016/j.apmr.2006.05.011
32. Hou S, Rabchevsky AG. Autonomic Consequences of Spinal Cord Injury. *Compr Physiol.* 2014;4(4):1419-1453. doi:10.1002/cphy.c130045
33. Watanabe J, Thamilarasan M, Blackstone EH, Thomas JD, Lauer MS. Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: The case of stress echocardiography. *Circulation.* 2001;104(16):1911-1916. doi:10.5361/jkmu1956.56.2-4_206

Table 1 - Characterization of the sample according to the level of spinal cord injury

| | Tetraplegia (n = 09) | Paraplegia (n = 08) | Without SCI (n = 10) |
|---|----------------------|---------------------|----------------------|
| Age (years) | 34 (25 – 47) | 44,5 (25 – 50) | 31,5 (22 – 40) * |
| Height (cm) | 180 (171 – 188,5) | 175 (164 – 184) | 181,5 (169 – 185) |
| Weighth (kg) | 69 (50,7 – 80,1) † | 80,2 (58,9 – 100,2) | 85,6 (71,5 – 102,0) |
| BMI (kg/m ²) | 21,7 (16,1 – 23,7) ‡ | 27,0 (19,9 – 29,6) | 27,0 (21,6 – 31,5) † |
| VO ₂ peak (L.min ⁻¹) | 0,9 (0,4-1,2) † | 1,2 (0,9-2,3) | 2,6 (2,0-3,6) * |
| HRpeak (bpm) | 121 (82-167) ‡ | 159 (128-178) * | 179 (150-196) † |
| HRR 1st min (bpm) | 96 (67-137) ‡ | 138 (102-159) | 133 (90-145) † |
| HRR 2nd min (bpm) | 86 (53-124) ‡ | 121 (105-148) | 108 (81-140) † |
| HRR 3rd min (bpm) | 78 (45-107) ‡ | 116 (90-136) | 105 (73-121) † |
| Δ HRpeak - 1st min rec (%) | 18 (3-35) | 14 (3-26) | 27 (19-43) * |
| Δ HRpeak – 2nd min rec (%) | 28 (22-46) | 23 (8-33) | 38 (27-49) * |
| Δ HRpeak – 3rd min rec (%) | 35 (24-54) | 28 (15-42) | 41 (32-54) * |

Data in median (minimum-maximum) BMI = body mass index; Peak VO₂= peak oxygen consumption; HRpeak = peak heart rate; HRR = heart rate recovery. * Difference significant group paraplegia versus group without SCI (p <0.05); † Difference significant group Tetraplegia versus group without SCI (p <0.05); ‡ Difference significant group Tetraplegia versus paraplegia (p <0.05).

Table 2 - HRV indices at rest in the time and frequency domains of the study participants, according to the analysis subgroup

| | Tetraplegia (n = 09) | Paraplegia (n = 08) | Without SCI (n = 10) | P-value |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------|
| <i>Time domain</i> | | | | |
| RR interval | 1016 (714-1360) | 862 (651-1015) | 951 (771-1445) | 0,181 |
| SDNN (ms) | 46,9 (19,5-121,2) | 34,1 (12,8-92,9) | 59,4 (23,1-96,9) | 0,084 |
| rMSSD (ms) | 28,8 (13,0-128,7) | 20,8 (12,8-97,4) | 50,9 (17,0-108,8) | 0,211 |
| PNN50 (%) | 4,6 (1,1-70,9) | 5,8 (0,2-59,2) | 24,9 (0,8-72,9) | 0,280 |
| <i>Frequency domain</i> | | | | |
| Total power (ms ²) | 1472 (324-14896) | 1332 (148-13041) | 3478 (517-10610) | 0,233 |
| LF (ms ²) | 735 (136-5522) | 759 (45-11402) | 2391 (349-7394) | 0,147 |
| HF (ms ²) | 327 (31-8561) | 136 (66-2183) | 1014 (55-6021) | 0,287 |
| LH:HF | 1,02 (0,4-6,9) | 2,03 (0,5-18,6) | 2,27 (0,4-22,6) | 0,618 |
| LF (n.u.) | 50,4 (28,3-87,4) | 65,9 (31,5-94,9) | 69,3 (28,7-95,8) | 0,618 |
| HF (n.u.) | 49,4 (12,6-71,7) | 34,1 (5,1-68,5) | 30,7 (4,2-71,3) | 0,618 |

Data in median (minimum-maximum); SDNN = Standard deviation of all normal RR intervals; rMSSD = Square root of the mean of the square of the differences between adjacent normal RR intervals; PNN50 = Percentage of adjacent RR intervals with a difference in duration greater than 50ms; LF = Low-frequency component - low-frequency component; HF = High-Frequency component - high-frequency component; LF / HF = sympathovagal balance.

Table 3 - Comparison between the rMSSD in the moments after intra-group exercise

| | Tetraplegia (n = 09) | Paraplegia (n=08) | Without SCI (n= 10) |
|-----------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| rMSSD | 28,8 (13,0-128,7) | 20,9 (12,8-97,4) | 51,0 (17,0-108,8) |
| rMSSD30s | 5,9 (4,7-41,8) | 4,3 (3,2-23,4) | 5,3 (3,4-20,8) ^e |
| rMSSD60s | 7,9 (4,7-49,2) ^a | 4,5 (2,8-30,5) ^a | 6,4 (3,1-31,0) ^d |
| rMSSD90s | 16,0 (5,3-70,9) | 3,9 (3,1-11,0) | 8,1 (3,3-15,9) ^d |
| rMSSD120s | 15,9 (5,5-98,1) | 4,0 (2,9-14,8) ^d | 10,2 (3,2-19,2) ^d |
| rMSSD150s | 29,6 (5,6-97,4) ^{b,c} | 4,0 (3,2-16,6) ^a | 14,0 (3,5-18,4) |
| rMSSD180s | 29,2 (9,4-267,4) ^{b,c} | 4,0 (3,0-21,3) | 19,2 (3,5-47,7) |

Data in median (minimum-maximum). ^a Difference with resting rMSSD (<0.05); ^b Difference with rMSSD30s (<0.05); ^c Difference with rMSSD60s (<0.05); ^d Difference with rMSSD at rest (<0.01); ^e Difference with resting rMSSD (<0.001).

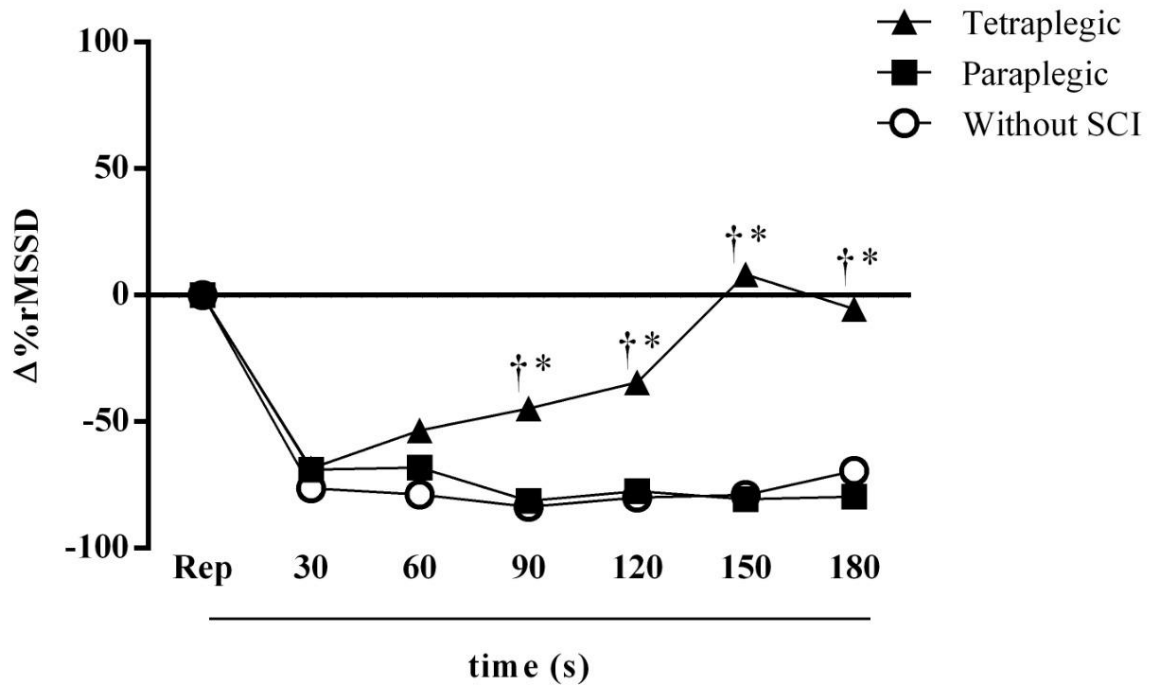
Table 4 - Relationships between $\Delta rMSSD$ vs. LF at rest, $\Delta rMSSD$ vs. Resting FH, $\Delta rMSSD$ vs. LF: HF, $\Delta rMSSD$ vs. rMSSD at rest and $\Delta rMSSD$ vs. SDNN at rest, every 30s, during the recovery period, in each group.

| Correlation | Group | Post-effort recovery time | | | | | |
|---|-------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| | | 30s | 60s | 90s | 120s | 150s | 180s |
| <i>$\Delta rMSSD$ vs. rMSSD rest</i> | Tetraplegia | 0,68 (0,042) | 0,80 (0,010) | 0,63 (0,067) | 0,51 (0,170) | 0,51 (0,158) | 0,70 (0,036) |
| | Paraplegia | 0,76 (0,028) | 0,74 (0,037) | 0,99 (<0,001) | 0,76 (0,028) | 1,00 | 1,00 |
| | Without SCI | 0,96 (<0,001) | 0,84 (0,002) | 0,77 (0,009) | 0,81 (0,005) | 0,78 (0,008) | 0,76 (0,011) |
| <i>$\Delta rMSSD$ vs. LF rest</i> | Tetraplegia | 0,56 (0,114) | 0,48 (0,187) | 0,43 (0,252) | 0,33 (0,381) | 0,44 (0,240) | 0,46 (0,213) |
| | Paraplegia | 0,50 (0,207) | 0,48 (0,230) | 0,79 (0,020) | 0,56 (0,146) | 0,81 (0,015) | 0,81 (0,015) |
| | Without SCI | 0,48 (0,162) | 0,48 (0,162) | 0,70 (0,025) | 0,69 (0,026) | 0,68 (0,029) | 0,65 (0,043) |
| <i>$\Delta rMSSD$ vs. HF rest</i> | Tetraplegia | 0,81 (0,009) | 0,77 (0,016) | 0,61 (0,081) | 0,50 (0,170) | 0,50 (0,175) | 0,61 (0,081) |
| | Paraplegia | 0,93 (0,001) | 0,92 (0,001) | 0,68 (0,062) | 0,91 (0,002) | 0,69 (0,058) | 0,69 (0,058) |
| | Without SCI | 0,94 (<0,001) | 0,87 (0,001) | 0,82 (0,004) | 0,89 (0,001) | 0,85 (0,002) | 0,85 (0,002) |
| <i>$\Delta rMSSD$ vs. LF:HF rest</i> | Tetraplegia | -0,78 (0,014) | -0,78 (0,014) | -0,59 (0,090) | -0,47 (0,199) | -0,30 (0,433) | -0,57 (0,109) |
| | Paraplegia | -0,15 (0,729) | -0,17 (0,684) | 0,24 (0,558) | -0,74 (0,862) | 0,27 (0,520) | 0,27 (0,520) |
| | Without SCI | -0,65 (0,040) | -0,54 (0,108) | -0,40 (0,258) | -0,46 (0,186) | -0,43 (0,209) | -0,42 (0,225) |
| <i>$\Delta rMSSD$ vs. SDNN rest</i> | Tetraplegia | 0,69 (0,040) | 0,75 (0,020) | 0,51 (0,160) | 0,42 (0,265) | 0,47 (0,201) | 0,57 (0,110) |
| | Paraplegia | 0,67 (0,071) | 0,65 (0,083) | 0,89 (0,003) | 0,72 (0,045) | 0,90 (0,002) | 0,95 (<0,001) |
| | Without SCI | 0,65 (0,043) | 0,65 (0,043) | 0,89 (0,001) | 0,86 (0,001) | 0,87 (0,001) | 0,79 (0,006) |

rMSSD = square root of the mean of the square of the differences between normal RR intervals; SDNN = standard deviation of all normal RR intervals; $\Delta rMSSD$ = rMSSD at rest minus post-exercise rMSSD ; LF = low frequency component; HF = high frequency component; LF / HF = LH: HF ratio.

Figure 1 - Median values of the percentage drop in the square root of the mean of the square of the differences between adjacent normal R-R intervals (rMSSD) in resting situations and during three minutes of post-exercise recovery.

† Tetraplegic vs Paraplegic ($p < 0.05$); * Tetraplegic vs Without SCI ($p < 0.05$)



3.4 Participação em Eventos Científicos

3.4.1 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Natureza do trabalho | Resumo expandido |
| Título | RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PÓS-ESFORÇO MÁXIMO DE PRATICANTES RECREACIONAIS DE PARACANOAGEM |
| Ano | 2016 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Internacional |
| Nome do evento: | V Congresso Paradesportivo Internacional |
| Cidade do evento: | Belo Horizonte |
| Título dos anais do evento | Anais do V Congresso Paradesportivo Internacional |
| Volume, Fascículo, Série | v.5 |
| Página inicial-final | 692-696 |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PÓS-ESFORÇO MÁXIMO DE PRATICANTES RECREACIONAIS DE PARACANOAGEM

Thalita Ponce Sobral – Centro Universitário Augusto Motta(UNISUAM)

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva – Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

Patrícia dos Santos Vigário – Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

thalita_ponce@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar a resposta da frequência cardíaca pós-esforço máximo de praticantes de paracanoagem. Para tal, foi realizado um estudo seccional em que participaram 12 praticantes recreacionais de paracanoagem (idade = $37,0 \pm 10,9$ anos; massa corporal total = $76,0 \pm 24,4$ kg e estatura = $1,7 \pm 0,1$ m). Para a avaliação da frequência cardíaca, os indivíduos foram submetidos a um teste de esforço cardiopulmonar progressivo em um cicloergômetro para membros superiores. Os registros eletrocardiográficos foram realizados e armazenados em tempo real. Para fins de análise, a frequência cardíaca foi considerada no pico do esforço e nos primeiro e terceiro minutos pós-esforço. A frequência cardíaca no pico do esforço foi de $148,9 \pm 16,2$ bpm e no primeiro minuto de recuperação igual a $137,3 \pm 19,4$ bpm. Cerca de 34% dos participantes apresentou, no primeiro minuto de recuperação, uma redução da frequência cardíaca superior a 12 batimentos. Constatou-se um grande número de praticantes recreacionais de paracanoagem com a recuperação inadequada da frequência cardíaca pós-esforço máximo, que pode ser indicativo de desequilíbrio autonômico. Por isso, sugere-se, além do acompanhamento multiprofissional desses indivíduos, a prática esportiva sistemática, de modo a proporcionar adaptações crônicas que minimizem o risco de morbimortalidade cardiovascular e melhorem o estado geral de saúde.

Palavras-chave: deficiência física, frequência cardíaca, paracanoagem.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), estima-se que mais de um bilhão de pessoas no mundo tenham algum tipo de deficiência, incluindo visual, auditiva, intelectual, física e múltiplas deficiências (WHO, 2011). Independentemente do tipo, a deficiência acarreta desafios de diversas naturezas, incluindo, a inclusão social, a reabilitação física e emocional e a autoaceitação (CARDOSO, 2011).

Na deficiência física estão incluídos, entre outros, indivíduos que apresentam paraplegia, tetraplegia, amputações e/ou ausência de membros, os quais impactam negativamente a função física (SHIRMER et al., 2007). Além disso, outros aspectos também podem se apresentar comprometidos, como os sistemas cardiovascular e respiratório (NASCIMENTO e SILVA, 2007), a termorregulação (CEREZETTI et al., 2012; PELLETIER et al., 2013) e a composição corporal (GATTI et al., 2009). Em paralelo, o sedentarismo torna-se bastante prevalente nessa população, acentuando ainda mais estes comprometimentos. Nesse cenário, recursos são utilizados para minimizar tais repercussões, sendo cada vez mais crescente, a prática esportiva (ANTONIETTI et al., 2008).

Algumas modalidades esportivas voltadas para pessoas com deficiência física compreendem a natação, o rugby e o basquete em cadeira de rodas, o vôlei sentado e a canoagem (MELLO e WINCKLER, 2012). Tal como observado em indivíduos sem deficiência, a prática esportiva está relacionada a melhorias no estado geral de saúde como menor frequência cardíaca em repouso (BAKKUM et al., 2015), maiores consumo de oxigênio e potência de pico e melhor perfil lipídico (NOOIJEN et al., 2012). Essas adaptações, por sua vez, estão relacionadas a um menor risco de mortalidade cardiovascular.

A resposta da recuperação da frequência cardíaca (FC) pós-esforço máximo é um outro importante indicador de saúde cardiovascular (COLE et al., 1999) e sabe-se que a prática de exercícios físicos pode influenciá-la positivamente (ÁLVAREZ et al., 2016). A FC é controlada pela atividade direta do sistema nervoso autônomo (SNA): em repouso, há um predomínio da atividade parassimpática (EKBLOM e HERMANSEN, 1968), ao passo que na transição repouso-exercício há uma inibição da atividade parassimpática, associada, em seguida, à crescente participação simpática até o término do esforço (ALMEIDA e ARAÚJO, 2003; EKBLOM e HERMANSEN, 1968; ARAÚJO, 1986). A diminuição da FC imediatamente após o esforço é um indicador da reativação vagal, e, por isso, pode ser utilizada como um complemento para a avaliação clínica e/ou física do indivíduo (SHETLER et al., 2001). Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar a resposta da frequência cardíaca pós-esforço máximo de praticantes de paracanoagem.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo observacional do tipo transversal em que participaram praticantes recreacionais de paracanoagem. Os critérios para a inclusão no estudo foram: homens ou mulheres com idade mínima de 18 anos, que tivessem deficiência físico-motora, e que praticassem paracanoagem recreativa há, pelo menos, três meses. Foram impedidos de participar do estudo os indivíduos que apresentavam, no momento da avaliação, qualquer tipo de lesão ou dor que pudesse impedir a realização do protocolo. Para a avaliação da frequência cardíaca, os indivíduos foram submetidos a um teste de esforço cardiopulmonar progressivo em um cicloergômetro para membros superiores (Top Excite; Technogym; Itália). A carga inicial do teste foi de 20W, com incrementos sucessivos de 2W/min. O teste teve duração máxima prevista entre 8 e 12 minutos, com recuperação ativa (sem carga) durante três minutos. Os participantes foram orientados a manter a ciclagem entre 50 e 60 rpm. Os registros eletrocardiográficos foram realizados e armazenados em tempo real durante todo o teste e recuperação pós-esforço máximo, utilizando o *software* Ergomet (Micromed; Brasil). Foi utilizado o protocolo de 12 derivações. Foram utilizados eletrodos de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) descartáveis (3M; Brasil). Antes da colocação dos eletrodos, a pele foi devidamente preparada e tricotomizada com auxílio de algodão ou gaze, de forma a minimizar a possibilidade de ruídos durante o esforço. Para fins de análise, a frequência cardíaca foi considerada no pico do esforço e nos primeiro e terceiro minutos pós-esforço. O estudo foi submetido ao Comitê de Ética Institucional e os participantes foram incluídos no estudo após terem assinado o termo de consentimento livre e esclarecido. A análise descritiva dos dados foi feita por meio do cálculo da média \pm desvio-padrão, tendo sido utilizado o *software* SPSS 20.0.

RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 12 atletas recreacionais de paracanoagem (idade = $37,0 \pm 10,9$ anos; massa corporal total = $76,0 \pm 24,4$ kg e estatura = $1,7 \pm 0,1$ m), sendo uma mulher. Um total de 75% dos participantes tinha amputação de membro inferior e os demais, lesão medular em nível lombar. O tempo médio de prática de paracanoagem foi de $8,9 \pm 8,1$ meses e a frequência semanal de treinos igual a $3,8 \pm 0,7$ dias.

O tempo médio de esforço realizado no cicloergômetro para membros superiores foi de $14:33 \pm 4:50$ min. A frequência cardíaca no pico do esforço foi de $148,9 \pm 16,2$ bpm e no primeiro minuto de recuperação igual a $137,3 \pm 19,4$ bpm. Cerca de 34% (n=04) dos participantes apresentou, no primeiro minuto de recuperação, uma redução da frequência cardíaca superior a 12 batimentos. De acordo com Cole et al. (1998) uma recuperação inferior a 12 batimentos no

primeiro minuto pós-esforço pode ser indicativo de desequilíbrio autonômico, ou seja, diminuição do tônus parassimpático e aumento do tônus simpático. Estudos apontam que tal desequilíbrio é um fator de risco independente para mortalidade, mesmo em indivíduos sem história de doença cardíaca (WATANABE et al., 2001). O gráfico 1 representa o comportamento da frequência cardíaca nos três momentos considerados no estudo.

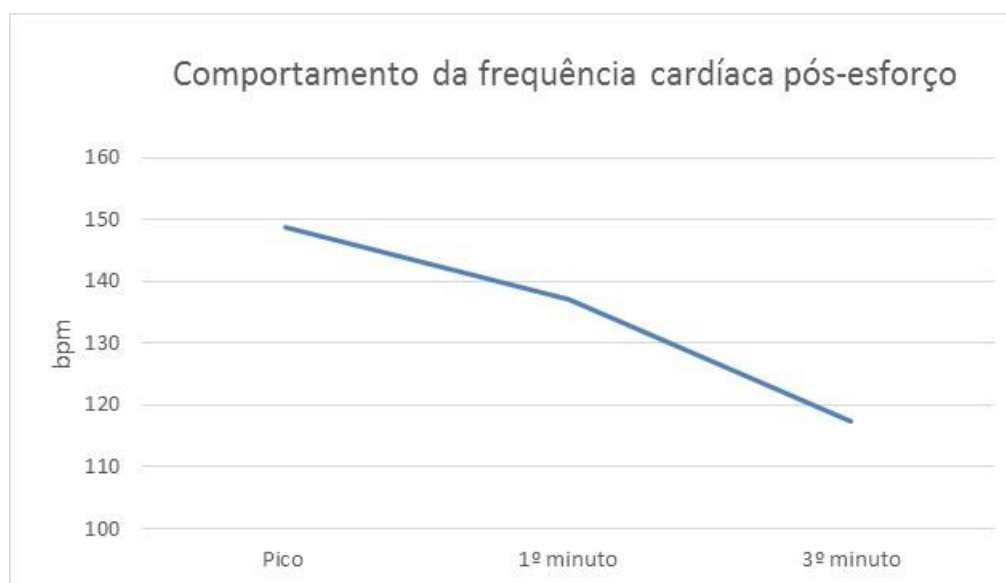


Gráfico 1 – Comportamento da frequência cardíaca pós-esforço máximo realizado em um cicloergômetro para membros superiores.

CONCLUSÃO

Constatou-se um grande número de praticantes recreacionais de paracanoagem com recuperação inadequada da frequência cardíaca pós-esforço máximo, que pode ser indicativo de desequilíbrio autonômico. Por isso, sugere-se, além do acompanhamento multiprofissional desses indivíduos, a prática esportiva sistemática, de modo a proporcionar adaptações crônicas que minimizem o risco de morbimortalidade cardiovascular e melhorem o estado geral de saúde.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, C.G.S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 9, p.104-112, 2003.
- ÁLVAREZ, C.; RAMÍREZ-CAMPILLO, R.; MARTÍNEZ, C.; CASTRO-SEPÚLVEDA, M.; CANO-MONTOYA, J.; MANCILLA, R.; FLORES-OPAZO, M. Changes in the heart rate recovery to endurance effort after high intensity interval, strength, and concurrent

exercise training in patients with insulin resistance. **The Journal of Sports Medicines and Physical Fitness**. 2016 Sep 8. [Epubaheadofprint]

ANTONIETTY, L.S.; COSTA, R.A.; GONDO, F.L.B.; OLIVEIRA, A.S.B.; CHIARELLO, B. Avaliação comparativa em lesados medulares sedentários e praticantes de basquetebol em cadeira de rodas. **Revista de Neurociência**. v. 12, n. 2, p. 90-96, 2008.

ARAÚJO, C.G.S. Fisiologia do exercício. In: Araújo WB, editor. Ergometria e cardiologia desportiva. Rio de Janeiro: Medsi, 1986.

BAKKUM, A. J.; DE GROOT, S.; STOLWIJK-SWÜSTE, J. M.; VAN KUPPEVELT, D. J.; ALLRISC.; VAN DER WOUDE, L. H.; JANSSEN, T. W. Effects of hybrid cycling versus handcycling on wheelchair-specific fitness and physical activity in people with long-term spinal cord injury: a 16-week randomized controlled trial. **Spinal Cord**. 2015 May;53(5):395-401. doi: 10.1038/sc.2014.237. Epub 2015 Jan 27.

CARDOSO, V. D. A. Reabilitação de pessoas com deficiência através do desporto adaptado. **Revista Brasileira de Ciência do Esporte**. Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 529-539, abr./jun. 2011

CEREZETTI, C.R.N.; NUNES, G.R.; CORDEIRO, D.R.C.L.; TEDESCO, S. Lesão Medular Traumática e estratégias de enfrentamento: revisão crítica. **O Mundo da Saúde**. São Paulo. v. 36, n.2, p. 318-326, 2012.

COLE, C. R.; BLACKSTONE, E. H.; PASHKOW, F. J.; SNADER, C. E.; LAUER, M. S. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 18, p. 1351–1357, 1999.

EKBLOM, B.; HERMANSEN, L. Cardiac output in athletes. **Journal of Applied Physiology**. v. 25, p. 619- 625, 1968.

GATTI, A.M.M.; GORLA, J.I.; SOUZA, A.N.; CAMPANA, M.B. Análise das variáveis motoras e da composição corporal em lesados medulares principalmente na prática de atletismo. **Revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP**. Campinas, v. 7, n. 1, 2009

MELLO, M. T.; WINCKLER, C. **Esporte Paralímpico**. Atheneu Editora, 2012

NASCIMENTO, L. G.; SILVA, S.M.L. Benefícios da atividade física sobre o sistema cardiorrespiratório, como também, na qualidade de vida de portadores de lesão medular: uma revisão. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. São Paulo, v.1, n.3, p.42-50, Mai./Jun. 2007

NOOIJEN, C. F.; DE GROOT, S.; POSTMA, K.; BERGEN, M. P.; STAM, H. J.; BUSSMANN, J. B.; VAN DEN BERG-EMONS, R. J. A more active lifestyle in persons with a recent spinal cord injury benefits physical fitness and health. **Spinal Cord**. 2012 Apr;50(4):320-3. doi: 10.1038/sc.2011.152. Epub 2011 Dec 6.

PELLETIER, C. A.; JONES, G.; LATIMER-CHEUNG, A. E.; WARBURTON, D. E.; HICKS, A. L. Aerobic capacity, orthostatic tolerance, and exercise perception satdischarge from in patient spinal cord injury rehabilitation. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. 2013 Oct;94(10):2013-9. doi: 10.1016/j.apmr.2013.05.011. Epub 2013 Jun 5.

SHETLER, K.; MARCUS, R.; FROELICHER, V.F.; VORA, S.; KALISETTI, D.; PRAKASH, M.; DO, D.; MYER J.Heart rate recovery: validation and methodologic issues. **Journal of the American College of Cardiology**. v. 38, p. 1980-7, 2001.

SHIRMER, C. R.; BROWNING, N.; BERSCH, R.; MACHADO, R. Atendimento Educacional Especializado. **SEESP / SEED / MEC** – Brasília DF, 2007

World Report on Disability: Geneva, World Health Organization, 2011

3.4.2 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Natureza do trabalho | Resumo expandido |
| Título | CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO DE PRATICANTES RECREACIONAIS DE PARACANOAGEM |
| Ano | 2016 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Internacional |
| Nome do evento: | V Congresso Paradesportivo Internacional |
| Cidade do evento: | Belo Horizonte |
| Título dos anais do evento | Anais do V Congresso Paradesportivo Internacional |
| Volume, Fascículo, Série | v.5 |
| Página inicial-final | 688-691 |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO DE PRATICANTES RECREACIONAIS DE PARACANOAGEM

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva – Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

Thalita Ponce Sobral – Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

Patrícia dos Santos Vigário – Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)

pablo_oliveira@ymail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade cardiorrespiratória de praticantes recreacionais de paracanoagem. Para tal, foi realizado um estudo observacional do tipo seccional cuja população de estudo consistiu em 12 praticantes recreacionais de paracanoagem, com idade média de $37,0 \pm 10,9$ anos, massa corporal total de $76,0 \pm 24,4$ kg e estatura de $1,7 \pm 0,1$ m. Para a avaliação da capacidade cardiorrespiratória em esforço, os indivíduos foram submetidos a um teste de esforço cardiopulmonar progressivo em um cicloergômetro para membros superiores. A análise metabólica dos gases ventilatórios foi feita com o uso de um analisador metabólico de gases. Para fins de análise, as seguintes variáveis foram consideradas no pico do esforço: consumo de oxigênio (VO_2) relativo (ml/kg/min) e absoluto (L/min); ventilação pulmonar (VE; L/min) e tempo total de esforço (min). O grupo apresentou tempo médio de esforço = $15:36 \pm 4:21$ min, $VO_2=13,6 \pm 4,0$ ml/kg/min e $VE=33,2 \pm 10,2$ L/min. Os praticantes recreacionais de paracanoagem apresentaram as variáveis cardiopulmonares aquém dos valores previstos para a faixa etária e sexo, estando associadas às perdas funcionais inerentes à deficiência física. Por isso, é fundamental que esses indivíduos mantenham-se fisicamente ativos de modo a aprimorar a capacidade cardiorrespiratória.

Palavras-chave: deficiência física, consumo de oxigênio, canoagem.

INTRODUÇÃO

O universo das pessoas com deficiência é cercado por limitações de diferentes naturezas que impactam negativamente de forma direta e indireta na saúde e na qualidade de vida (NOOIJEN et al., 2016). As pessoas com deficiência física podem apresentar uma série de limitações relacionadas à saúde, variando individualmente de acordo com o tipo e com o tempo do acometimento físico. Pode-se destacar alterações cardiometabólicas (NASH et al., 2016), respiratórias (SULC et al., 2016) e na composição corporal (PELLETIER et al., 2016).

Diversas estratégias são utilizadas para mudar este cenário (MACIEL, 2000), sendo a prática esportiva bastante efetiva pois melhora aspectos relacionados à saúde, a qualidade de vida e ao bem estar desta população (PATEL & GREYDANUS, 2010; OLIVEIRA, 2011; MORENO *et al.*, 2012). Por isso, o número de pessoas com deficiência engajadas na prática desportiva recreacional e competitiva aumentou substancialmente nos últimos anos. Este fato é comprovado pela evolução do número de atletas participantes nos Jogos Paralímpicos. A primeira edição dos Jogos Paralímpicos (Roma, 1960) contou com a participação de 400 atletas representando 23 países, disputando nove modalidades. A última edição dos Jogos, em Londres, 2012 contou com a participação de 4237 atletas de 164 países (IPC, 2013).

Dentre as modalidades voltadas para pessoas com deficiência física está a paracanoagem, que estreou nos Jogos Paralímpicos do Rio de Janeiro (CPB, 2016). A paracanoagem apareceu para o mundo após uma iniciativa da *International Federation Canoe* (IFC) em promover esta modalidade entre atletas com deficiência (IFC, 2016), tendo uma grande ascensão no mundo.

Nakamura et al. (2004) relatam que o desempenho em modalidades desportivas cíclicas máximas, como é a paracanoagem, depende das vias energéticas em regenerar ATPs, sendo de fundamental importância a via aeróbia. Dentro deste contexto, avaliar a capacidade cardiorrespiratória e o seu desenvolvimento é extremamente importante neste tipo de modalidade (BANFI et al, 2012).

No entanto, até a presente data, poucos estudos investigaram o desempenho aeróbio de atletas, recreacionais ou não, de paracanoagem. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade cardiorrespiratória de praticantes recreacionais de paracanoagem.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo observacional do tipo seccional cuja população de estudo consistiu em praticantes recreacionais de paracanoagem. Como critérios de inclusão foram adotados: homens ou mulheres com idade mínima de 18 anos, que tivessem deficiência físico-motora, e que praticassem paracanoagem recreativa há, pelo menos, três meses. Os critérios de exclusão do estudo foram: apresentar, no momento da avaliação, qualquer tipo de lesão ou dor que pudesse impedir a realização do protocolo e o não consentimento por meio da discordância em assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Para a avaliação da capacidade cardiorrespiratória em esforço, os indivíduos foram submetidos a um teste de esforço cardiopulmonar progressivo em um cicloergômetro para membros superiores (Top Excite; Technogym; Itália). A carga inicial do teste foi de 20W, com incrementos sucessivos de 2W/min. O teste teve duração máxima prevista entre 8 e 12 minutos, com recuperação ativa (sem carga) durante três minutos. Os participantes foram orientados a manter a ciclagem entre 50 e 60 rpm. Os critérios adotados para iniciar o TCEP foram (em repouso): ventilação pulmonar entre 8 e 15 L/min; consumo de oxigênio em torno de 3,5 mL/Kg/min e quociente respiratório $< 0,82$. A análise metabólica dos gases ventilatórios foi feita com o uso de um analisador metabólico de gases (Medical Graphics; VO2000; Estados Unidos). Para a avaliação da vazão respiratória em tempo real, foi utilizado um pnemotacógrafo de fluxo médio, acoplado a um bocal. A ventilação pulmonar e as frações expiradas de O₂ e CO₂ foram medidas respiração-a-respiração (breathbybreath) e armazenadas e plotadas como a média de três incursões pelo software Ergomet (Micromed; Brasil). Para fins de análise, as seguintes variáveis foram consideradas no pico do esforço: consumo de oxigênio (VO₂) relativo (ml/kg/min) e absoluto (L/min); ventilação pulmonar (VE; L/min) e tempo total de esforço (min). O estudo foi submetido ao Comitê de Ética Institucional e os participantes foram incluídos no estudo após terem assinado o termo de consentimento livre e esclarecido. A análise descritiva dos dados foi feita por meio do cálculo da média \pm desvio-padrão, além dos valores mínimo e máximo, tendo sido utilizado o *software* SPSS 20.0.

RESULTADOS

Participaram do estudo 12 atletas recreacionais de paracanoagem, com idade média de $37,0 \pm 10,9$ anos, massa corporal total de $76,0 \pm 24,4$ kg e estatura de $1,7 \pm 0,1$ m. Apenas uma participante era mulher. Do total de avaliados, 75% tinham como deficiência a amputação de

um membro inferior e os demais, lesão medular (lombar). O tempo médio de prática de paracanoagem foi de $8,9 \pm 8,1$ meses e a frequência semanal de treinos igual a $3,8 \pm 0,7$ dias.

Todos os participantes executaram o teste de esforço cardiopulmonar, conforme solicitado. O tempo médio de esforço foi de $15:36 \pm 4:21$ min. Conforme previsto, o consumo de oxigênio médio do grupo encontrou-se aquém do previsto para a faixa etária, considerando as perdas funcionais associadas às amputações e às lesões medulares apresentadas pelos participantes. Por isso, é extremamente recomendável que esses indivíduos se engajem em atividades físicas, de modo a aprimorar a capacidade cardiorrespiratória (NOOIJEN et al., 2016).

Os dados relativos à capacidade cardiorrespiratória estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis cardiorrespiratórias dos participantes do estudo.

| | VE (L/min) | VO ₂ (ml/kg/min) | VO ₂ (L/min) |
|---------------|------------|-----------------------------|-------------------------|
| Média | 33,2 | 13,6 | 1,0 |
| Desvio-padrão | 10,2 | 4,0 | 0,3 |
| Valor mínimo | 17,8 | 6,2 | 0,7 |
| Valor máximo | 49,8 | 19,7 | 1,5 |

VE = ventilação pulmonar (VE; L/min); VO₂ = Consumo de oxigênio

CONCLUSÃO

Os praticantes recreacionais de paracanoagem apresentaram o consumo de oxigênio e a ventilação pulmonar aquém dos valores previstos para a faixa etária e sexo, estando associadas às perdas funcionais inerentes à deficiência física. Por isso, é fundamental que esses indivíduos mantenham-se fisicamente ativos de modo a aprimorar a capacidade cardiorrespiratória. Estudos de natureza longitudinal devem ser conduzidos para avaliar a magnitude do efeito da prática da canoagem na capacidade cardiorrespiratória de pessoas com deficiência física.

REFERÊNCIAS

- MACIEL, M. R. C. Portadores de deficiência: a questão da inclusão social. **São Paulo em perspectiva**. v. 14, n. 2, p. 51-56, 2000.
- MORENO, M. A.; ZAMUNER, A. R.; PARIS, J. V.; TEODORI, R. M.; BARROS, R. M. Effects of Wheelchair Sports on Respiratory Muscle Strength and Thoracic Mobility of

Individuals with Spinal Cord Injury. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**. v. 91, n. 6, p. 470-477, 2012.

NOOIJEN, C. F.; STAM, H. J.; SLUIS, T.; VALENT, L.; TWISK, J.; VAN DEN BERG-EMONS, R. J. A behavioral intervention promoting physical activity in people with subacute spinal cord injury: Secondary effects on health, social participation and quality of life. **Clinical Rehabilitation**. 2016 Jul 4. pii: 0269215516657581. [Epub ahead of print]

OLIVEIRA, G. L. C. Composição corporal de indivíduos com lesão medular cervical: influência do exercício físico e comparação de métodos. Dissertação de mestrado UERJ. 2011.

PATEL, D. R.; GREYDANUS, D. E. Sport participation by physically and cognitively challenged young athletes. *Pediatr Clin North Am*. v. 57, n.3, p.795-817, 2010.

PELLETIER, C .A.; MIYATANI, M.; GIANREGORIO, L.; CRAVEN, B. C. Sarcopenic Obesity in Adults With Spinal Cord Injury: A Cross-Sectional Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2016 Jun 7. pii: S0003-9993(16)30236-2. doi: 10.1016/j.apmr.2016.04.026. [Epubaheadofprint]

SULC, J.; SLABY, K.; HLINKOVA, Z.; KOLAR, P.; KOZAK, J.; KRIZ, J. Pulmonary dysfunction in patients after cervical spinal cord injury: serial follow-up measurement within the first year post-injury. *Neuroendocrinology Letters*. v. 37, n3, p. 192-201, 2016.

3.4.3 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Effects of Inspiratory Muscle Training on Cardiorespiratory Function of Wheelchair Rugby Athletes |
| Ano | 2016 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Internacional |
| Nome do evento: | International Convention on Science, Education and Medicine in Sport |
| Cidade do evento: | Santos |
| Título dos anais do evento | |
| Volume, Fascículo, Série | |
| Página inicial-final | |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

Effects of Inspiratory Muscle Training on Cardiorespiratory Function of Wheelchair Rugby Athletes

Freitas, J. P¹.; Silva, P.R.O¹.; Lopes, A¹.; Guimaraes, F¹.; Mainenti, M.R.M².; Vigário, P.S¹.

¹Augusto Motta University Center (UNISUAM)

²Physical Education College of Brazilian Army (EsEFEx)

Introduction: Physical deficiency is associated with negative changes in general health state, including impaired cardiorespiratory function due to low mobility, muscles atrophy and others. Sports practice has been increasing among people with physical deficiency since it is related to a better health profile, quality of life, socialization and self-esteem. Wheelchair rugby (WR) is a sport modality adapted for people with tetraplegia or tetraequivalence, which has an intermittent characteristic of effort – aerobic and anaerobic. Therefore, an optimal cardiorespiratory capacity is desirable to have a better sports performance. In the last years, the adoption of inspiratory muscle training (IMT) in order to improve cardiorespiratory function been increasing in many sports modalities, including those for athletes with deficiency. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of inspiratory muscle training on cardiorespiratory function of wheelchair rugby athletes. **Methods:** A non-randomized study was performed with 06 WR athletes (age = 34 (23-42) years, weight = 72,3 (57-90) kg, height = 1,8 (1,7-1,8) m). The IMT was performed during six weeks, two times/day. Athletes should perform 30 forced inspirations followed by long expirations, but not maximum, with load adjusted between 50% and 60% of the maximum inspiratory pressure (Classic, Powerbreathe, United Kingdom). All participants underwent a cardiopulmonary exercise testing with metabolic respiratory gases analyses on an arm cycle ergometer in order to assess the cardiorespiratory function. The considered variables were: final power (W) and oxygen consumption during exercise peak (VO₂peak). The effect of IMT on cardiorespiratory variables was evaluated with the Wilcoxon test (p<0.05; SPSS 21.0) and descriptive analysis were presented as median (minimum-maximum values). **Results:** After the intervention, it was observed that athletes showed statistically higher final power [pre=42,5 (24,0 – 80,0)W vs. post=55,0 (32,0 – 90,0) W; p=0,04]. Regarding VO₂peak, although it was not observed statistically significant differences in the median value of the group after the intervention, 50% of the athletes showed higher VO₂peak values after the intervention associated with higher final power; about 33% maintained the same VO₂peak, but with increased final power; and 17% decreased VO₂peak for the same final power, reflecting a better economy of motion. **Conclusion:** Inspiratory muscle training seemed to be effective in order to improve cardiorespiratory function of wheelchair rugby players and, therefore, may be included in the training routine to improve sports performance.

3.4.4 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Avaliação da Qualidade de Vida em Atletas com Deficiência Visual |
| Ano | 2016 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Regional |
| Nome do evento: | Simpósio Paradesportivo Carioca |
| Cidade do evento: | Rio de Janeiro |
| Título dos anais do evento | |
| Volume, Fascículo, Série | |
| Página inicial-final | |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

Avaliação da Qualidade de Vida em Atletas com Deficiência Visual

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva¹; Patrícia dos Santos Vigário¹.¹Centro Universitário Augusto Motta, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Introdução: A deficiência visual (DV) está associada a mudanças negativas no estado de saúde das pessoas que são afetadas por ela. A prática esportiva vem aumentando entre pessoas com DV, levando a uma melhora na saúde, socialização, auto-estima e na qualidade de vida. O tema qualidade de vida (QV) está sendo cada vez mais estudado em diversas populações e contextos. No entanto, são escassos os trabalhos que abordem a qualidade em atletas com DV. Objetivo: Avaliar a qualidade de vida em atletas com DV. Métodos: Estudo seccional realizado com 13 atletas de futebol de 5, 08 de *goalball* e 13 de judô. A QV foi avaliada por meio do questionário SF-36, composto por 36 itens que englobam: capacidade funcional, aspectos físicos, dor, estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais, emocionais e saúde mental. Os dados foram apresentados por meio da mediana (valores mínimo-máximo). A comparação entre os grupos foi feita pelo teste de Kruskal Wallis e a identificação das diferenças pelo teste de Mann-Whitney (SPSS; $p \leq 0,05$). Resultados: Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos oito domínios de QV abordados no SF-36.

Tabela 1 – Pontuações do questionário SF-36, de acordo com as modalidades esportivas.

| | Futebol de cinco (n=13) | Goalball (n=08) | Judô (n=13) | p-valor* |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Capacidade funcional | 100,00 80,00 – 100,00 | 100,00 95,00 – 100,00 | 100,00 75,00 – 100,00 | 0,60 |
| Aspectos físicos | 100,00 0,00 – 100,00 | 100,00 50,00 – 100,00 | 100,00 25,00 – 100,00 | 0,81 |
| Dor | 52,00 32,00 – 84,00 | 74,00 32,00 – 100,00 | 72,00 32,00 – 84,00 | 0,30 |
| Estado geral de saúde | 82,00 42,00 – 100,00 | 87,00 72,00 – 100,00 | 72,00 40,00 – 97,00 | 0,05 ^b |
| Vitalidade | 60,00 40,00 – 95,00 | 82,50 65,00 – 100,00 | 70,00 50,00 – 85,00 | 0,03 ^{a, b} |
| Aspectos sociais | 62,50 37,50 – 100,00 | 87,50 50,00 – 100,00 | 100,00 50,00 – 100,00 | 0,11 |
| Aspectos emocionais | 100,00 66,67 – 100,00 | 100,00 33,33 – 400,00 | 100,00 0,00 – 100,00 | 0,12 |
| Saúde mental | 84,00 40,00 – 100,00 | 90,00 64,00 – 100,00 | 68,00 36,00 – 96,00 | 0,13 |

*: Kruskal wallis; ^a: futebol de cinco ≠ goalball; ^b: goalball ≠ judô

Conclusão: Atletas de *Goalball* relataram melhor percepção da qualidade de vida do que atletas de Futebol de 5 e Judô.

Palavras-chaves: qualidade de vida, deficiência visual, esportes.

3.4.5 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Natureza do trabalho | Resumo expandido |
| Título | Composição corporal de judocas com diferentes graus de perda visual |
| Ano | 2017 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Regional |
| Nome do evento: | IV Fórum Científico da EsEFEx |
| Cidade do evento: | Rio de Janeiro |
| Título dos anais do evento | Anais IV Fórum Científico da EsEFEx |
| Volume, Fascículo, Série | 86, n.2 |
| Página inicial-final | 148-150 |
| Nome da editora: | Revista da Educação Física |
| Cidade da editora: | Rio de Janeiro |

Composição corporal de judocas com diferentes graus de perda visual

Bruno Ferreira Jeronymo, Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM); Míriam Raquel Meira Mainenti, Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx); Pablo Rodrigo de Oliveira Silva, Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM); Lilian Ramiro Felicio; Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Universidade Federal de Uberlândia; Patrícia dos Santos Vigário, Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

Autor para contato: Míriam Raquel Meira Mainenti, miriam.mainenti@hotmail.com

INTRODUÇÃO: Nos últimos anos foi possível observar um aumento exponencial dos atletas de modalidades paradesportivas participantes de eventos de grande expressão (IPC, 2016), contexto no qual se insere o judô paralímpico, destinado a pessoas com deficiência visual. Tal crescimento gera uma demanda ainda maior de planejamento da preparação física e esportiva, e de investigação de fatores que estão associados a um melhor desempenho atlético, uma vez que o maior número de pessoas possibilita o acontecimento de disputas cada vez mais bem niveladas. Nos esportes de alto rendimento, o perfil antropométrico do atleta influencia diretamente o desenvolvimento da técnica, do gestual esportivo e das habilidades motoras específicas da modalidade (KATRALLI e GOUDAR, 2012), resultando em melhor performance. Associações negativas entre a gordura corporal e o desempenho foram descritas por Katralli e Goudar (2012), quando judocas sem deficiência visual com maiores valores de percentual de gordura foram capazes de realizar menos lançamentos utilizando a técnica de *ippon-seoi-nage*, dentro do período de tempo determinado. Judocas brasileiros sem deficiência visual com maior percentual de gordura também apresentaram pior desempenho no Special Judo Fitness Test e no teste de Cooper, conforme apresentado por Franchini et al. (2007). Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi investigar possíveis diferenças na composição corporal em judocas com diferentes graus de perda visual (B1 – cegueira total vs. B2 + B3 – baixa visão).

MÉTODOS: Foi realizado um estudo seccional com 17 judocas com deficiência visual. Os critérios de inclusão foram: ambos os sexos, idade igual ou superior a 18 anos, perda parcial (classificação funcional = B2 ou B3) ou total da visão (classificação funcional = B1); praticar judô há, pelo menos, seis meses. Foram excluídos que apresentassem limitações de qualquer natureza que pudessem impedir a realização das avaliações. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa institucional (CAAE: 31778614.0.0000.5235). A

composição corporal foi estimada pelo método antropométrico (ISAK, 2001). As medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador: massa corporal total (kg; balança; Filizola; 100g; Brasil), estatura (cm; estadiômetro; Filizola; 0,1cm; Brasil), diâmetros ósseos (cm; paquímetro; Sanny PQ5011; 0,1cm; Brasil), perímetros corporais (cm; fita métrica; CESCORF; 0,1 cm; Brasil) – braço, coxa, perna, abdôme e quadril, e dobras cutâneas (mm; adipômetro; CESCORF; 1,0 mm; Brasil) – peitoral, média axilar, abdominal, suprailíaca, coxa, perna, bíceps, tríceps e subescapular. As seguintes variáveis relativas à composição corporal foram estimadas: percentual de gordura (%G) (SIRI, 1976), somatório de 9 dobras cutâneas ($\Sigma 9DC$; mm), massa corporal gorda (MCG; kg), massa livre de gordura (MLG; kg) e massa corporal muscular (MCMusc; kg). Considerando o tamanho amostral, optou-se pela adoção de procedimentos não-paramétricos para as análises analíticas. Os grupos com classificação funcional B2 e B3 foram agrupados. A análise descritiva dos dados foi feita por meio do cálculo da mediana (valor mínimo – valor máximo), para as variáveis numéricas contínuas, e frequência relativa para as variáveis categóricas. Na apresentação de valores de ambos os grupos, o primeiro está relacionado aos dados do grupo com atletas com cegueira total (B1) e o segundo valor está relacionado com o grupo de atletas com baixa visão (B2 e B3). A comparação entre os grupos de acordo com a classificação funcional foi feita por meio da aplicação do teste de Mann-Whitney. O nível de significância estatístico adotado foi de 5% (SPSS 20.0).

RESULTADOS: Os participantes tiveram idade igual a 23 (18-33) anos, sendo a maior parte homens (70,6%; n=12) e com classificação funcional B2/B3 (58,8%; n=10). Os atletas B2/B3 eram mais jovens (p=0,01). O tempo de prática de judô de todo o grupo foi de 7 (2-22) anos, com frequência semanal de treino de 5 (3-6) dias/semana. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no que diz respeito a essas variáveis (tempo de prática: p=0,81 e frequência semanal de treino: p=0,89). A massa gorda absoluta (kg) apresentou diferença estatística, com maiores valores para os atletas B1: 19,3(10,7 – 40,8)vs.

12,4(3,2 – 18,0) kg. Outras variáveis tiveram comportamento semelhante, porém sem significância estatística (p valor entre 0,05 e 0,10), com piores valores sempre para os atletas B1 em comparação com os B2 e B3. Perímetro de abdômen: 92,1(83,6 – 126,6)vs.85,6(73,8 – 94,6) cm, p = 0,06; perímetro de quadril: 104,0(95,5 – 122,5) vs.96,1(83,8 – 106,4) cm, p = 0,06; percentual de gordura: 27,1(15,1 – 30,2) vs.16,1(5,5 – 24,5) %, p = 0,06; $\Sigma 9DC$: 207,6(118,9 – 257,4)vs. 142,4(56,0 – 168,9)mm. Por outro lado, algumas variáveis não apresentaram nenhuma alteração, como a massa livre de gordura: 67,4(49,9 – 108,2)vs. 60,7 (43,5 – 77,5) kg, p = 0,28; a massa muscular: 35,7(27,7 – 56,5)vs.34,3 (23,5 – 42,5) kg, p = 0,33; a envergadura: 188,9(162,1 – 198,3)vs. 179,7(154,2 – 201,4) cm, p = 0,53; perímetro de

braço: 34,1(31,4 – 43,0)vs. 31,9(27,0 – 37,0) cm, $p = 0,11$; perímetro de coxa: 61,1(57,7 – 76,4)vs. 58,2(46,1 – 64,2) cm, $p = 0,12$; perímetro de perna: 37,2(35,7 – 47,8)vs. 37,4(32,3 – 41,4) cm, $p = 0,66$.

O tamanho amostral poderia ser uma limitação do estudo. Entretanto, considerado o universo de pessoas com deficiência visual que praticam judô na cidade do Rio de Janeiro/ Brasil, e que atendam aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos para a participação no estudo, acredita-se que um percentual representativo dessa população tenha sido avaliado. Por fim, a ausência de um grupo de comparação composto por judocas sem deficiência, permitiria avaliar o impacto da perda visual na adiposidade corporal. No entanto, os resultados aqui encontrados são de grande importância para a idealização e execução de análises prospectivas que possam contribuir para ainda mais para o planejamento dos treinamentos e acompanhamento de atletas com deficiência visual.

CONCLUSÕES: A privação completa da informação visual está associada a maiores níveis de adiposidade ao ser comparada com a baixa visão em atletas de judô para pessoas com deficiência visual. Conhecendo essa informação, profissionais que trabalham no alto rendimento ou em outros níveis da prática esportiva para pessoas com deficiência visual poderão trabalhar mais intensamente, com maior preocupação, o ajuste na composição corporal de pessoas com privação visual total. Estudos futuros deverão relacionar os dados de composição corporal e antropométricos com o desempenho atlético, bem como aumentar o tamanho amostral.

PALAVRAS-CHAVE: pessoas com deficiência, esportes, distribuição da gordura corporal.

REFERÊNCIAS:

IPC – InternationalParalympicsCommittee. IPC HistoricalResultsArchive. Disponível em: <https://www.paralympic.org/results/historical>. Acesso em: 5/11/2016.

ISAK – INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE ADVANCEMENT OF KINANTHROPOMETRY. International Standards for Anthropometric Assessment. Austrália: ISAK, 2001.

FRANCHINI, E.; NUNES, A.V.; MORAES, J.M.; DEL VECCHIO, F.B. Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. *J PhysiolAnthropol*; 26(2):59-67; 2007.

KATRALLI, J.; GOUDAR, S.S. Anthropometric Profile and Special Judo Fitness levels of Indian Judo Players. *Asian J Sports Med*. Jun;3(2):113-8; 2012.

SIRI, W.E. Gross composition of the body. In LAWRENCE, J.; TOBIAS, C.A. (eds) *Advances in Biological and Medical Physics*. vol. 4, New York: Academic Press; p.239-280, 1956.

3.4.6 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Padrão da resposta autonômica em repouso, durante esforço progressivo e recuperação pós-esforço em atletas com lesão medular |
| Ano | 2017 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Local |
| Nome do evento: | XIV Sema de Pesquisa e Extensão da UNISUAM |
| Cidade do evento: | Rio de Janeiro |
| Título dos anais do evento | |
| Volume, Fascículo, Série | |
| Página inicial-final | |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

PADRÃO DA RESPOSTA AUTONÔMICA EM REPOUSO, DURANTE O ESFORÇO FÍSICO PROGRESSIVO E RECUPERAÇÃO PÓS-ESFORÇO EM ATLETAS COM LESÃO MEDULAR

Autores: Pablo Rodrigo de Oliveira Silva, Jeter Pereira de Freitas, Joelson Guilherme de Almeida, Patrícia Marques e Patrícia dos Santos Vigário.

Correio Eletrônico: patriciavigario@yahoo.com.br.

Instituição: Centro Universitário Augusto Motta

Objetivo: Avaliar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) de atletas com lesão medular (LM) nível cervical em repouso, durante um esforço máximo e pós-esforço. **Métodos:** Este projeto de pesquisa de doutorado está em andamento e trata-se de um estudo seccional, com atletas de rugby em cadeira de rodas. A VFC é avaliada simultaneamente por meio do eletrocardiograma e do frequencímetro nos momentos: (a) repouso, (b) durante o esforço máximo progressivo utilizando membros superiores (cicloergômetro) e (c) durante a recuperação pós-esforço. **Perspectivas:** Pretende-se explorar a relação do efeito da LM no controle autonômico em diferentes situações de esforço, verificar a concordância entre dois métodos de avaliação da VFC e aprimorar a prescrição do treinamento físico de pessoas com LM.

Palavras-chave: Lesão medular. Variabilidade da frequência cardíaca. Resposta autonômica.

3.4.7 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Capacidade cardiorrespiratória em esforço de jogadores de futebol de cinco: Estudo piloto |
| Ano | 2018 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Regional |
| Nome do evento: | V Fórum Científico da EsEFEx |
| Cidade do evento: | Rio de Janeiro |
| Título dos anais do evento | Anais V Fórum Científico da EsEFEx |
| Volume, Fascículo, Série | v.87, n.2 |
| Página inicial-final | 411-411 |
| Nome da editora: | Revista de Educação Física |
| Cidade da editora: | Rio de Janeiro |

CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA EM ESFORÇO DE JOGADORES DE FUTEBOL DE CINCO: ESTUDO PILOTO

Autores: Pablo R. O. Silva^{1,2}, Jeter P. Freitas¹, Míriam R. M. Mainenti³, Patrícia S. Vigário¹.

e-mail: pablo_oliveira@ymail.com

Instituições: ¹Centro Universitário Augusto Motta, ²Faculdade Bezerra de Araújo, ³Escola de Educação Física do Exército.

INTRODUÇÃO: O futebol de cinco (FUT-5) é um esporte praticado por pessoas com deficiência visual, sendo caracterizado por esforços intermitentes, que exigem altas demandas dos metabolismos aeróbio e anaeróbio. **OBJETIVO:** Em um grupo de jogadores de FUT-5 pretendeu-se investigar: a) a capacidade cardiorrespiratória em esforço, comparando-os com o grupo de jogadores de futsal sem deficiência visual (FUT-SD) e b) a validade do teste *Shuttle-run* de 20m para estimar o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$). **MÉTODOS:** Estudo seccional com 08 jogadores de FUT-5 e 07 jogadores de FUT-SD. A capacidade cardiorrespiratória foi medida diretamente pelo teste cardiopulmonar de esforço (TCPE) e estimada pelo teste de *Shuttle-run* de 20m. A validade do *Shuttle-run* em estimar o $VO_{2máx}$ foi verificada pelo cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e pela abordagem gráfica de Altman e Bland. **RESULTADOS:** Os jogadores de FUT-5 apresentaram menor $VO_{2máx}$ que os jogadores de FUT-SD nos dois testes [$VO_{2máx}$ TCPE: FUT-5 = $46,3 \pm 6,7$ vs. FUT-SD = $54,0 \pm 5,9$ mL.kg⁻¹.min⁻¹ ($p = 0,04$); $VO_{2máx}$ *Shuttle-run*: FUT-5 = $41,6 \pm 4,2$ vs. FUT-SD = $54,5 \pm 5,9$ mL.kg⁻¹.min⁻¹ ($p < 0,05$)]. O *Shuttle-run* subestimou o $VO_{2máx}$ nos jogadores de FUT-5 ($p=0,02$). A concordância entre o $VO_{2máx}$ medido e estimado foi melhor nos jogadores de FUT-SD (ICC: FUT-SD=0,72; FUT-5=0,58), confirmado também por meio da abordagem gráfica de Altman e Bland. **CONCLUSÃO:** Jogadores de FUT-5 apresentaram menor capacidade cardiorrespiratória em esforço que jogadores de FUT-SD e o teste de *Shuttle-run* parece não ser válido para estimar o $VO_{2máx}$ nesta população.

3.4.8 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Índice de Massa Corporal de Crianças e Adolescentes com Síndrome de Down |
| Ano | 2018 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Local |
| Nome do evento: | XV Sema de Pesquisa e Extensão da UNISUAM |
| Cidade do evento: | Rio de Janeiro |
| Título dos anais do evento | |
| Volume, Fascículo, Série | |
| Página inicial-final | |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

ÍNDICE DE MASSA CORPORAL DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM SÍNDROME DE DOWN

Autores: Pablo Rodrigo de Oliveira Silva¹ e Patrícia Vigário².

Correio eletrônico: patriciavigario@yahoo.com.br

¹ Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM.

² Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM.

Agência financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

O índice de massa corporal (IMC) tem sido utilizado para avaliar o grau nutricional da população, sendo associado com maior tempo de vida e menor incidência de doenças. Objetivo: Investigar o IMC de crianças e adolescentes com Síndrome de Down (SD) praticantes de natação. Métodos: Estudo seccional com 10 participantes com SD. Foram mensurados a massa corporal e a estatura para o cálculo do IMC. Foi realizada a comparação com os valores normativos para a população brasileira, de acordo com a faixa etária e sexo. Resultados: Um total de 30% dos participantes teve a classificação do IMC para obesidade e 10% sobrepeso. Conclusão: Parte dos participantes apresentaram valores de IMC acima do previsto para a faixa etária e sexo, sugerindo que a prática de exercícios deve ser continuada.

Palavras-chave: deficiência; obesidade; esporte.

3.4.9 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Reativação Parassimpática em Pessoas com Lesão Medular após um Teste de Esforço Incremental |
| Ano | 2019 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Local |
| Nome do evento: | XVI Sema de Pesquisa e Extensão da UNISUAM |
| Cidade do evento: | Rio de Janeiro |
| Título dos anais do evento | |
| Volume, Fascículo, Série | |
| Página inicial-final | |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

REATIVAÇÃO PARASSIMPÁTICA EM PESSOAS COM LESÃO MEDULAR APÓS UM TESTE DE ESFORÇO INCREMENTAL

Autores: Pablo Rodrigo de Oliveira Silva¹, Rômulo Fonseca² e Patrícia Vigário³.

Correio eletrônico: patriciavigario@yahoo.com.br

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM.

² Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM.

³ Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM.

Agência financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Eixo temático: Reabilitação e saúde

Objetivo: Avaliar a reativação parassimpática de indivíduos com lesão medular (LM) após um teste de esforço incremental por meio de índices da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Métodos: Estudo seccional com indivíduos com LM (níveis cervical e torácica) e sem LM. O controle autonômico cardíaco será investigado pela análise de índices da VFC obtidos por meio da contagem de intervalos R-R (ms) (eletrocardiograma) antes, durante e após um esforço progressivo máximo utilizando um cicloergômetro para membros superiores. **Resultados esperados:** Espera-se que exista uma correlação inversa entre o nível de comprometimento do canal medular e a reativação vagal pós-esforço. Ou seja, quanto mais alta a altura da lesão, menos eficiente a reativação simpática pós-esforço.

Palavras-chave: Lesão medular. Reativação parassimpática. Variabilidade da frequência cardíaca.

3.4.10 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Força Muscular respiratória e Função Pulmonar de Jogadores de Futebol com Deficiência Visual |
| Ano | 2019 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Internacional |
| Nome do evento: | 42° SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE E 2° SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA E COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO "ATIVIDADE FÍSICA DOS NOSSOS SONHOS" |
| Cidade do evento: | São Paulo |
| Título dos anais do evento | Edição Especial da Revista Brasileira de Ciências e Movimento |
| Volume, Fascículo, Série | v.23 |
| Página inicial-final | 71-71 |
| Nome da editora: | |
| Cidade da editora: | |

FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA E FUNÇÃO PULMONAR DE JOGADORES DE FUTEBOL COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Pablo Rodrigo Oliveira da Silva – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

Agnaldo José Lopes – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

Patrícia dos Santos Vigário – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

INTRODUÇÃO: O sedentarismo possui uma alta prevalência na população de pessoas com deficiência visual (DV), sendo um dos principais fatores que pode aumentar o risco de complicações relacionadas ao sistema respiratório. Assim, a prática de exercícios físicos deve ser introduzida de forma a melhorar o estado geral de saúde e prevenir a ocorrência de doenças. O futebol de cinco (FUT-5) é um esporte para pessoas com DV e, portanto, pode ser um dos recursos utilizados para diminuir o sedentarismo nesta população. **OBJETIVO:** Investigar a força muscular respiratória e a função pulmonar de jogadores de FUT-5. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Estudo seccional com 08 jogadores recreacionais de FUT-5 (idade=26; 17-30 anos; massa corporal= 72; 50-95kg; tempo de prática de FUT-5=7; 7-12 anos; frequência de treino=5x/semana). A força muscular respiratória foi avaliada com um manovacuômetro digital, sendo considerados a pressão inspiratória máxima (PImáx) e a pressão expiratória máxima (PEmáx). As medidas de Capacidade Vital Forçada (CVF) e Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo (VEF₁) foram feitas com um espirômetro. Foram considerados os valores absolutos e os % do predito. Os resultados foram expressos como mediana e valores mínimo e máximo. **RESULTADOS:** Foi observado que tanto para as variáveis relativas à força muscular respiratória, quanto para as variáveis de função pulmonar, o grupo apresentou valores medianos dentro do previsto de acordo com as equações preditivas (Tabela 1).

Tabela 1 – Variáveis relativas à força muscular respiratória e perfil espirométrico de jogadores de futebol de cinco.

| | Mediana | Valor mínimo | Valor máximo |
|---|---------|--------------|--------------|
| PI _{máx} (cmH ₂ O) | 120 | 100 | 130 |
| PI _{máx} (% predito; Neder et al.**) | 89,2 | 74,3 | 91,7 |
| PE _{máx} (cmH ₂ O) | 120 | 90 | 130 |
| PE _{máx} (% predito; Neder et al.)** | 82,7 | 59,4 | 86,7 |
| CVF (L) (obtido) | 4,2 | 3,2 | 5,5 |
| CVF (%) (predito)* | 100,5 | 68 | 130 |
| VEF ₁ (L) (obtido) | 3,7 | 2,9 | 4,7 |
| VEF ₁ (%) (predito)* | 106 | 70 | 133 |

* Pereira CAC et al. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. J Bras Pneumol. 2007;33(4):397-406.

**Neder JA et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. Braz J Med Biol Res. 1999;32(6):719-27.

CONCLUSÃO: Jogadores de FUT-5 apresentam boa função pulmonar, caracterizada por valores de força muscular respiratória e perfil espirométrico dentro dos padrões previstos. Este perfil funcional tem sido associado na literatura a um bom estado de saúde. Dessa forma, é desejável que estes indivíduos se mantenham fisicamente ativos no intuito de preservar e, até mesmo, aprimorar sua capacidade respiratória para minimizar a possibilidade de complicações respiratórias.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

3.4.11 Metadados da participação em evento científico.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Natureza do trabalho | Resumo |
| Título | Controle autonômico cardíaco em repouso em indivíduos com lesão medular: estudo piloto |
| Ano | 2019 |
| País | Brasil |
| Classificação do evento | Regional |
| Nome do evento: | XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx |
| Cidade do evento: | Rio de Janeiro |
| Título dos anais do evento | Anais do XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx |
| Volume, Fascículo, Série | v.88, n.4 |
| Página inicial-final | 13-13 |
| Nome da editora: | Revista de Educação Física |
| Cidade da editora: | Rio de Janeiro |

Controle autonômico cardíaco em repouso em indivíduos com lesão medular: estudo piloto

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM).

Felipe Amorim da Cunha – *Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte; Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).*

Patrícia dos Santos Vigário – Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). CPF: 095.222.337-65

INTRODUÇÃO: A lesão medular (LM) alta está associada à comprometimentos no funcionamento do sistema nervoso autônomo (SNA). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um método utilizado para a avaliação do controle autonômico cardíaco, sendo importante na população de lesados medulares para a escolha de intervenções que melhorem o prognóstico cardiovascular. **OBJETIVO:** Investigar o controle autonômico cardíaco em repouso de indivíduos com LM cervical, comparando-os com indivíduos sem LM. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Estudo seccional com 9 homens com LM cervical: idade= 34 (25-47) anos, massa corporal=83 (71-102) kg; e 11 homens sem LM: idade=33 (22-40) anos, massa corporal= 69 (50-80) kg, equiparáveis em relação ao nível de atividade física (IPAQ; $p=0,43$). O controle autonômico cardíaco foi investigado pela análise dos seguintes índices de VFC obtidos por eletrocardiograma: intervalo RR (iRR), baixa frequência (BF), alta frequência (AF) e razão BF/AF. Os participantes ficaram sentados durante 10 minutos para a aquisição dos registros eletrocardiográficos. Para fins de análise, os primeiros cinco minutos foram descartados (*software* Kubios). Apresentação dos resultados: mediana e valores mínimo e máximo. Comparação entre os grupos: Mann-Whitney ($p<0,05$) (SPSS 22.0). **RESULTADOS:** Embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, os lesados medulares apresentaram menores valores medianos nas variáveis investigadas, exceto no iRR (LM= 947,0 [714,0-1362,0] vs. CT= 949,0 [771,0-1445,0], $p=0,824$). **CONCLUSÃO:** Nesta análise preliminar, os indivíduos com LM apresentaram menor predominância dos índices relacionados ao componente simpático do controle autonômico cardíaco.

Capítulo 4 Conclusão

Retomando aos objetivos do estudo, podemos concluir que indivíduos com LM apresentaram menores valores dos índices da VFC do que os indivíduos sem LM, porém não houve diferenças estatisticamente significativas no repouso. Houve concordância na identificação entre LiVFC e LV_1 , principalmente nos indivíduos com LM. Dessa forma, O LiVFC é um método válido para estimar o LV_1 em indivíduos com LM. O cardiofrequencímetro é um instrumento válido para identificar o LiVFC em indivíduos com LM. A reativação parassimpática pós-exercício é dependente da atividade vagal em repouso da FC, ou seja, os marcadores vagais em repouso influenciam a reativação simpática.

A realização da presente tese de doutorado abre perspectivas no que diz respeito a realização de estudos que associem a utilização dos índices da VFC em diferentes condições, como repouso, durante e após exercícios físicos em pessoas com LM. Dentre essas perspectivas podemos destacar: (i) a utilização em testes de campo; (ii) exploração da capacidade cardiorrespiratória com índices da VFC; (iii) realização de pesquisas com mulheres com LM; (iv) avaliação dos efeitos de programas de treinamento físico nos índices da VFC.

Sabendo que o TCPE é uma realidade para pequena parte da população, por questões de alto de custo, dificuldade de locais que realizam este tipo de avaliação e poucos profissionais capacitados, a utilização de métodos mais acessíveis com alta precisão nos resultados se torna uma estratégia interessante para prescrever programas de exercícios físicos de acordo com as características e demandas individuais. Conhecer as particularidades, no repouso e em resposta ao exercício, da população com LM torna possível elaboração de programas de treinamento cada vez mais eficientes pensando na melhora da saúde e do desempenho físico nestes indivíduos. Dessa forma, a continuidade desse trabalho ou a realização de outros que levem a conclusões mais consistentes sobre o controle autonômico cardíaco em pessoas com LM são necessários.

Referências

- ABREU, E. M. DE C. et al. Autonomic cardiovascular control recovery in quadriplegics after handcycle training. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28, n. 7, p. 2063–2068, 2016.
- ACKERY, A.; TATOR, C.; KRASSIOUKOV, A. A global perspective on spinal cord injury epidemiology. **Journal of Neurotrauma**, v. 21, n. 10, p. 1355–1370, 2004.
- ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 10^a ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, G. S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. v. 9, p. 104–112, 2003.
- ALONSO, D. et al. Comportamento da Frequência Cardíaca e da Sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 71, n. 6, p. 787–792, 1998.
- ARAUJO, C. G. S.; NOBREGA, A. C. L.; CASTRO, C. L. B. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. **Clinical Autonomic Research**, v. 2, n. 1, p. 35–40, 1992.
- AUBERT, A. E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. **Sports Med**, v. 33, n. 12, p. 889–919, 2003.
- BARBOSA, J. L. R.; JUNIOR, D. B. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com lesão medular. **Revista Neurociências**, v. 19, n. 2, p. 294–299, 2011.
- BARBOSA, M. P. DA C. DE R. et al. Comparison of Polar® RS800G3™ heart rate monitor with Polar® S810i™ and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 2, p. 112–117, 2016.
- BAUMAN, W. A. et al. Metabolic and Endocrine Changes in Persons Aging with Spinal Cord Injury. **Assistive Technology**, v. 11, n. 2, p. 88–96, 1999.
- BAUMGART, J. K.; BRUROK, B.; SANDBAKK, Ø. Comparison of peak oxygen uptake between upper-body exercise modes: A systematic literature review and meta-analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. May, p. 1–12, 2020.
- BERNARDI, L. et al. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in the transplanted and the intact heart during submaximal dynamic exercise? **Cardiovascular Research**, v. 24, n. 12, p. 969–981, 1990.
- BIERING-SØRENSEN, F. et al. Alterations in cardiac autonomic control in spinal cord

- injury. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v. 209, p. 4–18, 2018.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Measuring agreement in method comparison Studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 8, n. 2, p. 135–160, 1999.
- BLAUWET, C.; WILLICK, S. E. The paralympic movement: Using sports to promote health, disability rights, and social integration for athletes with disabilities. **PM and R**, v. 4, n. 11, p. 851–856, 2012.
- BONADUCE, D. et al. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 5, p. 691–696, 1998.
- BORRESEN, J.; LAMBERT, M. Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. **Sports Med**, v. 38, n. 8, p. 633–646, 2008.
- BOSQUET, L.; GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 3, p. 363–369, 2007.
- BOTELHO, R. V. et al. Epidemiology of traumatic spinal injuries in Brazil: systematic review. **Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia: Brazilian Neurosurgery**, v. 33, n. 02, p. 100–106, 2014.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agenda de Prioridades de Pesquisa do Ministério da Saúde - APPMS. p. 26, 2018.
- BRASIL. **DECRETO Nº 3298 DE 20 DE DEZEMBRO DE 1999**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 7 jan. 2019.
- BRASIL. **Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular Diretrizes de Atenção**. [s.l: s.n.].
- BRAZUNA, M. R.; CASTRO, M. A Trajetória do Atleta Portador de Deficiência Física no Esporte Adaptado de Rendimento. Uma Revisão da Literatura. **Motriz**, v. 7, n. 2, p. 115–123, 2001.
- BRITO, L. M. O. et al. Prevalencia global da lesao medular traumatica. v. 38, n. 5, p. 304–309, 2011.
- BRUNETTO, A. F. et al. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 2, p. 145–149, 2008.
- BUCHFUHRER, M. J. et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology**, v. 55, n. 5, p. 1558–1564, 1983.

- BUCHHEIT, M. et al. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 293, n. 1, p. H8–H10, 2007.
- BUCHHEIT, M. et al. Cardiorespiratory and cardiac autonomic responses to 30-15 intermittent fitness test in team sport players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 93–100, 2009.
- BUCHHEIT, M.; GINDRE, C. Cardiac parasympathetic regulation: Respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 291, n. 1, 2006.
- BUKER, D. B.; OYARCE, C. C.; PLAZA, R. S. Effects of spinal cord injury in heart rate variability after acute and chronic exercise: A systematic review. **Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation**, v. 24, n. 2, p. 167–176, 2018.
- BUNTEN, D. C. et al. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. **Clinical Autonomic Research**, v. 8, n. 6, p. 329–334, 1998.
- BURNLEY, M.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**, v. 7, n. 2, p. 63–79, 2007.
- CALDEIRA, J. B. et al. Avaliação da função autonômica cardiovascular em portadores de lesão medular submetidos à variabilidade da frequência cardíaca. **Motricidade**, v. 9, n. 2, p. 37–49, 2013.
- CAMINAL, P. et al. Validity of the Polar V800 monitor for measuring heart rate variability in mountain running route conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 3, p. 669–677, 2018.
- CAMPANA, M. B. et al. O Rugby em Cadeira de Rodas: Aspectos técnicos e táticos e diretrizes para seu desenvolvimento. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 17, n. 4, p. 748–757, 2011.
- CAMPOS, L. F. C. C. **Comparação entre métodos para mensuração da potência aeróbia em atletas tetraplégicos**. [s.l.] UNICAMP, 2013.
- CANDIDO, N. et al. Reliability of the Heart Rate Variability Threshold using Visual Inspection and Dmax Methods. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 13, p. 1076–1080, 2015.
- CARTER, J. B.; BANISTER, E. W.; BLABER, A. P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. **Sports Medicine**, v. 33, n. 1, p. 33–46, 2003.
- CARUSO, F. C. R. et al. Determinação do limiar anaeróbio pela variabilidade da frequência cardíaca de pacientes com DPOC durante exercício em cicloergômetro. **Fisioterapia em**

Movimento, v. 25, n. 4, p. 717–725, 2012.

CASSIRAME, J. et al. Heart rate variability to assess ventilatory threshold in ski-mountaineering. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 7, p. 615–622, 2015.

CASTRO, S. S. et al. Deficiência visual, auditiva e física: Prevalência e fatores associados em estudo de base populacional. **Cadernos de Saude Publica**, v. 24, n. 8, p. 1773–1782, 2008.

CEREZETTI, C. R. N. et al. Lesao Medular Traumatica e estrategias de enfrentamento: Revisao critica. **Mundo da Saude**, v. 36, n. 2, p. 318–326, 2012.

CICCONE, A. B. et al. Reminder: RMSSD and SD1 are identical heart rate variability metrics. **Muscle Nerve**, v. 56, n. 4, p. 674–678, 2017.

CLAYDON, V. E. et al. Cardiovascular Responses and Postexercise Hypotension After Arm Cycling Exercise in Subjects With Spinal Cord Injury. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 87, n. 8, p. 1106–1114, 2006.

CLAYDON, V. E.; KRASSIOUKOV, A. V. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 294, n. 2, p. 668–678, 2008.

COLE, C. R. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 18, p. 1351–1357, 1999.

COLLINS, E. G. et al. Energy cost of physical activities in persons with spinal cord injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 4, p. 691–700, 2010.

COMPHER, C. et al. Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881–903, 2006.

CONCEIÇÃO, M. I. G. et al. Avaliação da depressão em pacientes com lesão medular. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, v. 12, n. 1/2, p. 43–59, 2010.

COTTIN, F. et al. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 4, p. 287–294, 2007.

CRAGG, J. J. et al. Spinal cord injury and type 2 diabetes Results from a population health survey. **Neurology**, v. 81, n. 21, p. 1864–1868, 2013.

CRUZ, C. J. G. et al. Reliability of heart rate variability threshold and parasympathetic reactivation after a submaximal exercise test. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 23, n. 1, p. 65–70, 2017.

CRUZ, S.; BLAUWET, C. A. Implications of altered autonomic control on sports performance in athletes with spinal cord injury. **Autonomic Neuroscience: Basic and**

Clinical, v. 209, p. 100–104, 2018.

CUNHA, F. A. et al. How Long Does It Take to Achieve Steady State for an Accurate Assessment of Resting VO₂ in Healthy Men? **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 6, p. 1441–1447, 2013.

CUNHA, F. A. et al. Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 8, p. 706–714, 2014.

CUNHA, F. A. et al. Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2015.

DAVIS, J. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, n. 1, p. 6–21, 1985.

DELA, F. et al. Cardiovascular control during exercise: Insights from spinal cord-injured humans. **Circulation**, v. 107, n. 16, p. 2127–2133, 2003.

DIPIRO, N. D.; CAO, Y.; KRAUSE, J. S. A prospective study of health behaviors and risk of all-cause and cause-specific mortality after spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 57, n. 11, p. 933–941, 2019.

DITOR, D. S. et al. Reproducibility of heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. **Clinical Autonomic Research**, v. 15, n. 6, p. 387–393, 2005.

DOBBS, W. C. et al. The Accuracy of Acquiring Heart Rate Variability from Portable Devices: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 49, n. 3, p. 417–435, 2019.

DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 46, n. 2, p. 194–199, 2013.

DUARTE, A. et al. Aerobic training improves vagal reactivation regardless of resting vagal control. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 6, p. 1159–1167, 2015.

ELDAHAN, K. C. et al. Autonomic Dysreflexia after Spinal Cord Injury. **HHS Public Access**, p. 59–70, 2019.

ERIKSSON, P.; LÖFSTRÖM, L.; EKBLÖM, B. Aerobic power during maximal exercise in untrained and well-trained persons with quadriplegia and paraplegia. **Scand J Rehabil Med**, v. 20, n. 4, p. 141–147, 1988.

FLANK, P. et al. Prevalence of risk factors for cardiovascular disease stratified by body mass index categories in patients with wheelchair-dependent paraplegia after spinal cord injury.

- Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 44, n. 5, p. 440–443, 2012.
- FLATT, A. A.; ESCO, M. R. Evaluating Individual Training Adaptation With Smartphone-Derived Heart Rate Variability in a Collegiate Female Soccer Team. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 378–385, 2016.
- FOSS, M. L.; KETEYIAN, S. J. **Bases fisiológicas do Exercício e do Esporte**. 6a. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- GAMELIN, F. X. et al. Validity of the polar S810 to measure R-R intervals in children. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 2, p. 134–138, 2008.
- GASKILL, S. E. et al. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 11, p. 1841–1848, 2001.
- GATER, D. R. Obesity After Spinal Cord Injury. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v. 18, n. 2, p. 333–351, 2007.
- GILES, D. A.; DRAPER, N. Heart Rate Variability during Exercise A Comparison of Artefact Correction Methods. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 3, p. 726–735, 2018.
- GINIS, K. A. M. et al. The development of evidence-informed physical activity guidelines for adults with spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 49, n. 11, p. 1088–1096, 2011.
- GINIS, M. et al. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: An update and a new guideline. **Spinal Cord**, v. 56, n. 4, p. 308–321, 2018.
- GOLDBERGER, J. J. Sympathovagal balance: How should we measure it? **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 276, n. 4 45-4, p. 1273–1280, 1999.
- GOLDBERGER, J. J. et al. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 290, n. 6, p. 2446–2452, 2006.
- GOOSEY-TOLFREY, V.; CASTLE, P.; WEBBORN, N. Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 8, p. 684–687, 2006.
- GOOSEY-TOLFREY, V. L. et al. Development of scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 18, p. 1166–1167, 2018.
- GOOSEY-TOLFREY, V. L.; LEICHT, C. A. Field-based physiological testing of wheelchair athletes. **Sports Medicine**, v. 43, n. 2, p. 77–91, 2013.
- GORGEY, A. S. et al. The effects of electrical stimulation on body composition and

metabolic profile after spinal cord injury - part II. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 38, n. 1, p. 23–37, 2015.

GRANGER, E. et al. A systematic review of the relationship of physical activity and health status in adolescents. **European journal of public health**, v. 27, n. 2, p. 100–106, 2017.

GRANNELL, A.; VITO, G. DE. An investigation into the relationship between heart rate variability and the ventilatory threshold in healthy moderately trained males. p. 1–7, 2017.

GRECO, P. J.; ROMERO, J. J. F. **Manual do Handebol: da iniciação ao alto nível**. 1a. ed. São Paulo: [s.n.].

GRIGOREAN, V. T. et al. Cardiac dysfunctions following spinal cord injury. **Journal of medicine and life**, v. 2, n. 2, p. 133–145, 2009.

GUPTA, N.; WHITE, K. T.; SANDFORD, P. R. Body mass index in spinal cord injury - A retrospective study. **Spinal Cord**, v. 44, n. 2, p. 92–94, 2006.

HADDAD, S. et al. Efeito do Treinamento Físico de Membros Superiores Aeróbio de Curta Duração no Deficiente Físico com Hipertensão Leve. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 69, n. 3, p. 169–173, 1997.

HARRISS, D. J.; MACSWEEN, A.; ATKINSON, G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 13, p. 813–817, 2019.

HAUTALA, A. et al. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. **Clinical Physiology**, v. 21, n. 2, p. 238–245, 2001.

HEDELIN, R. et al. Pre- and post-season heart rate variability in adolescent cross-country skiers. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 10, n. 5, p. 298–303, 2000.

HERDY, A. H. et al. Cardiopulmonary exercise test: Background, applicability and interpretation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 107, n. 5, p. 467–481, 2016.

HERNANDO, D. et al. Validation of Heart Rate Monitor Polar RS800 for Heart Rate Variability Analysis During Exercise. **J Strength Cond Res.**, v. 32, n. 3, p. 716–725, 2018.

HOLT, A. C. et al. “Cardiac Parasympathetic and Anaerobic Performance Recovery After High Intensity Exercise in Rowers” by Holt AC et al. International Journal of Sports Physiology and Performance Section: Original Investigation Article Title: Cardiac Parasympathetic and An. **Journal: International Journal of Sports Physiology and Performance Acceptance Date**, 2018.

HOPMAN, M. T. et al. The Effect of Varied Fractional Inspired Oxygen on Arm Exercise Performance in Spinal Cord Injury and Able-Bodied Persons. **Archives of Physical Medicine**

and Rehabilitation, v. 85, n. 2, p. 319–323, 2004.

HOSTETTLER, S. et al. Maximal cardiac output during arm exercise in the sitting position after cervical spinal cord injury. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 44, n. 2, p. 131–136, 2012.

HOU, S.; RABCHEVSKY, A. G. Autonomic Consequences of Spinal Cord Injury. **Compr Physiol**, v. 4, n. 4, p. 1419–1453, 2014.

HOUDIJK, H.; JANSSEN, T. W. J. Disability and rehabilitation on the move: mobility, exercise and sports for people with physical disabilities. **Disability and Rehabilitation**, v. 39, n. 2, p. 113–114, 2017.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for Maximal Oxygen Uptake: Review and Commentary. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, 1995.

HUIKURI, H. V. et al. Prediction of sudden cardiac death: Appraisal of the studies and methods assessing the risk of sudden arrhythmic death. **Circulation**, v. 108, n. 1, p. 110–115, 2003.

IBGE. **CENSO 2010**. Disponível em: <<http://loja.ibge.gov.br/censo-demografico-2010-caracteristicas-gerais-da-populac-o-religi-o-e-pessoas-com-deficiencia.html>>.

INOUE, K. et al. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. **Journal of the Autonomic Nervous System**, v. 54, n. 3, p. 225–234, 1995.

IPC. **Paralympic Games**. Disponível em: <<https://www.paralympic.org/paralympic-games>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

IWRF. **Manual de classificação da IWRF, 3a edição, revisado 2011**. Disponível em: <[http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_\(Portuguese\).pdf](http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/IWRF_Classification_Manual_3rd_Edition_rev-2011_(Portuguese).pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2019.

JAE, S. Y. et al. Relation of heart rate recovery to heart rate variability in persons with paraplegia. **Clinical Autonomic Research**, v. 21, n. 2, p. 111–116, 2011.

JAMES, A. F.; CHOISY, S. C. M.; HANCOX, J. C. Recent advances in understanding sex differences in cardiac repolarization. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 94, n. 3, p. 265–319, 2007.

JAMES, S. L. et al. Global, regional, and national burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **The Lancet Neurology**, v. 18, n. 1, p. 56–87, 2016.

JAZAYERI, S. B. et al. Incidence of traumatic spinal cord injury worldwide: a systematic review. **European Spine Journal**, v. 24, n. 5, p. 905–918, 2015.

- JENSEN-URSTAD, K. et al. Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 160, n. 3, p. 235–241, 1997.
- KANG, J. et al. Regulating exercise intensity using ratings of perceived exertion during arm and leg ergometry. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 78, n. 3, p. 241–246, 1998.
- KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 652–657, 2008.
- KAWAGUCHI, L. Y. A. et al. Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 4, p. 231–236, 2007.
- KEITH, S. P.; JACOBS, I.; MCLELLAN, T. M. Adaptations to Training at the Individual Anaerobic Threshold. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 65, n. 4, p. 316–323, 1992.
- KHALE, W.; LEONHARDT, H.; PLATZER, W. **Atlas de Anatomia Humana: Aparelho de movimento**. 3^a ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- KINGSLEY, M.; LEWIS, M. J.; MARSON, R. E. Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 1, p. 39–44, 2005.
- KIRSHBLUM, S. C. et al. Reference for the 2011 revision of the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 34, n. 6, p. 547–554, 2011.
- KOO, J.-E.; LEE, G.-U. An effect of physical activity-based recreation programs on children's optimism, humor styles, and school life adjustment. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 11, n. 3, p. 169–174, 2015.
- KRASSIOUKOV, A. Autonomic function following cervical spinal cord injury. **Respiratory Physiology and Neurobiology**, v. 169, n. 2, p. 157–164, 2009.
- KRAUSE, J. S.; CAO, Y.; DIPIRO, N. Psychological factors and risk of mortality after spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1–9, 2019.
- KYRIAKIDES, A. et al. The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 42, n. 2, p. 212–219, 2019.
- LABRONICI, R. H. D. D. et al. Esporte como fator de integração do deficiente físico na sociedade. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 58, n. 4, p. 1092–1099, 2000.
- LAUGHTON, G. E. et al. Lowering body mass index cutoffs better identifies obese persons

- with spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 47, n. 10, p. 757–762, 2009.
- LAVELA, S. L. et al. Males aging with a spinal cord injury: prevalence of cardiovascular and metabolic conditions. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 93, n. 1, p. 90–95, 2012.
- LEE, B. B. et al. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: Update 2011, global incidence rate. **Spinal Cord**, v. 52, n. 2, p. 110–116, 2014.
- LEE, B. X. et al. Transforming Our World: Implementing the 2030 Agenda Through Sustainable Development Goal Indicators. **Journal of Public Health Policy**, v. 37, n. 1, p. S13–S31, 2016.
- LEE, M. Y. et al. C-reactive protein, metabolic syndrome, and insulin resistance in individuals with spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 28, n. 1, p. 20–25, 2005.
- LEICHT, C. A.; BISHOP, N. C.; GOOSEY-TOLFREY, V. L. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 22, n. 6, p. 729–736, 2012.
- LILJEQUIST, D.; ELFVING, B.; ROALDSEN, K. S. **Intraclass correlation – A discussion and demonstration of basic features**. [s.l.: s.n.]. v. 14
- LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. LIMAR DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 4, n. 1, p. 10, 1999.
- LOIMAALA, A. et al. Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 5, p. 1825–1829, 2000.
- LOPES, P. F. F. et al. Aplicabilidade Clínica Da Variabilidade Da Frequência Cardíaca. **Revista Neurociências**, v. 21, n. 4, p. 600–603, 2013.
- MANKOWSKI, R. T. et al. Heart-Rate Variability Threshold as an Alternative for Spiro-Ergometry Testing: A Validation Study. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 2, p. 474–479, 2017.
- MANN, T.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. Methods of prescribing relative exercise intensity: Physiological and practical considerations. **Sports Medicine**, v. 43, n. 7, p. 613–625, 2013.
- MATSUDO, S. et al. Questionário Internacional De Atividade Física (Ipaq): Estupo De Validade E Reprodutibilidade No Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2012.
- MAUNDER, E. et al. Exercise intensity regulates the effect of heat stress on substrate oxidation rates during exercise. **European Journal of Sport Science**, v. 0, n. 0, p. 1–23,

2019.

MAYNARD, F. M. et al. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. **Spinal cord**, v. 35, n. 5, p. 266–74, 1997.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho físico**. 8a. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

MCNARRY, M. A.; LEWIS, M. J. Heart rate variability reproducibility during exercise. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 7, p. 1123–1133, 2012.

MCVEIGH, S. A.; HITZIG, S. L.; CRAVEN, B. C. Influence of sport participation on community integration and quality of life: A comparison between sport participants and non-sport participants with spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 32, n. 2, p. 115–124, 2009.

MELLO, M. T.; WINCLER, C. **Esporte Paralímpico**. 1a. ed. São Paulo: [s.n.].

MEYER, T.; LUCIA, A.; EARNEST, C. P. A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Gas Exchange Parameters - Theory and Application A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Parameters ± Theory and. **Int J Sports Med**, v. 26, n. Suppl 1, p. 38–48, 2005.

MEZZANI, A. et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: A joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitat. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 20, n. 3, p. 442–467, 2013.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; CARROLL, S. Effect of the $\dot{V}O_2$ time-averaging interval on the reproducibility of $\dot{V}O_{2max}$ in healthy athletic subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 27, n. 2, p. 122–125, 2007.

MILLET, G. P.; VLECK, V. E.; BENTLEY, D. J. Physiological differences between cycling and running: Lessons from triathletes. **Sports Medicine**, v. 39, n. 3, p. 179–206, 2009.

MITCHELL, J. H. Cardiovascular control during exercise: Central and reflex neural mechanisms. **The American Journal of Cardiology**, v. 55, n. 10, 1985.

MORENO, M. A. et al. Effects of wheelchair sports on respiratory muscle strength and thoracic mobility of individuals with spinal cord injury. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 91, n. 6, p. 470–477, 2012.

MOUROT, L. et al. Decrease in heart rate variability with overtraining: Assessment by the Poincaré plot analysis. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 24, n. 1, p. 10–18,

2004.

MYERS, J.; LEE, M.; KIRATLI, J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: An overview of prevalence, risk, evaluation, and management. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 86, n. 2, p. 142–152, 2007.

MYERS, J. N. et al. Post-exercise heart rate recovery in individuals with spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 48, n. 8, p. 639–645, 2010a.

MYERS, J. N. et al. Post-exercise heart rate recovery in individuals with spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 48, n. 8, p. 639–645, 2010b.

NAKAMURA, F. Y. et al. Change in heart rate variability threshold after short term aerobic training. **Motriz. Journal of Physical Education. UNESP**, v. 11, n. 1, p. 01–09, 2005.

NAKAMURA, F. Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Revista da Educação Física/UEM**, v. 21, n. 1, 2010.

NEVES, M. A. O. et al. Escalas clínicas e funcionais no gerenciamento de indivíduos com Lesões Traumáticas da Medula Espinhal. **Rev Neurocienc**, v. 153, p. 234–239, 2007.

NOCE, F. et al. ser influenciada Pela Prática de atividade Física? Can the Self-Perceived Quality of life of People with Special needs be influenced by Practice of Physical activity? Clínica Médica no ExERCÍcio E no ESPoRtE RESUMo Endereço para correspondência: Artigo or. **Rev Bras Med Esporte**, v. 15, p. 174–178, 2009.

NORTON, K.; OLDS, T. **Antropométrica**. 1a. ed. São Paulo: [s.n.].

NOVELLI, F. I. et al. Reproducibility of Heart Rate Variability Threshold in Untrained Individuals. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 2, p. 95–99, 2019.

NUNAN, D. et al. Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 243–250, 2009.

NUNAN, D. et al. Resting autonomic modulations and the heart rate response to exercise. **Clinical Autonomic Research**, v. 20, n. 4, p. 213–221, 2010.

ONU. UNITED NATIONS. **Arsenic and the 2030 Agenda for sustainable development**.

Disponível em: <[https://stg-](https://stg-wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11125/unep_swio_sm1_inf7_sdg.pdf?sequence=1)

[wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11125/unep_swio_sm1_inf7_sdg.pdf?sequence=1](https://stg-wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11125/unep_swio_sm1_inf7_sdg.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 20 jun. 2020.

ORR, J. L. et al. Cardiopulmonary exercise testing: Arm crank vs cycle ergometry.

Anaesthesia, v. 68, n. 5, p. 497–501, 2013.

PALEVILLE, D. G. L. T. et al. Respiratory Motor Control Disrupted by Spinal Cord Injury: Mechanisms, Evaluation, and Restoration. **Translational Stroke Research**, v. 2, n. 4, p. 463–

473, 2011.

PASCHOAL, M. A. et al. Efeito do treinamento físico aeróbio sobre a reativação vagal cardíaca em jovens sedentárias. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 17, n. 5, p. 403–413, 2012.

PASCHOAL, M. A.; FONTANA, C. C. Método do limiar de variabilidade da frequência cardíaca aplicado em pré-adolescentes obesos e não obesos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 96, n. 6, p. 450–456, 2011.

PATIL, A. G.; CHILE, R. H.; HAMDE, S. T. Statistical analysis of RR series variability in spinal cord injured persons. **Journal of Medical Engineering and Technology**, v. 36, n. 3, p. 180–184, 2012.

PERINI, R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3–4, p. 317–325, 2003.

PIERPONT, GORDON; STOLPMAN, DAVID; GORNICK, C. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. **Journal of the Autonomic Nervous System**, v. 12, n. 80, p. 6, 2000.

PLEWS, D. J. et al. Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, polar H7 chest strap, and electrocardiography. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 10, p. 1324–1328, 2017.

PUMPRLA, J. et al. Functional assessment of heart rate variability: Physiological basis and practical applications. **International Journal of Cardiology**, v. 84, n. 1, p. 1–14, 2002.

RAJENDRA ACHARYA, U. et al. Heart rate variability: A review. **Medical and Biological Engineering and Computing**, v. 44, n. 12, p. 1031–1051, 2006.

RAMOS-CAMPO, D. J. et al. Heart rate variability to assess ventilatory thresholds in professional basketball players. **Journal of Sport and Health Science**, v. 6, n. 4, p. 468–473, 2017.

RODRIGUES, D. et al. Influence of neurological lesion level on heart rate variability and fatigue in adults with spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 54, n. 4, p. 292–297, 2016.

ROQUE, V. et al. Disfunções Autonómicas após Lesão Medular. **Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Física e de Reabilitação**, v. 24, n. 3, p. 43–51, 2013.

ROSADO-RIVERA, D. et al. Comparison of 24-hour cardiovascular and autonomic function in paraplegia, tetraplegia, and control groups: Implications for cardiovascular risk. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 34, n. 4, p. 395–403, 2011.

SALES, M. M. et al. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with

- type 2 diabetes. **Diabetology and Metabolic Syndrome**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 2011.
- SAUL, J. P. et al. Heart rate and muscle sympathetic nerve variability during reflex changes of autonomic activity. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 258, n. 3 27-3, 1990.
- SCHNEIDER, C. et al. Heart rate monitoring in team sports-A conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. MAY, p. 1–19, 2018.
- SERRA-AÑÓ, P. et al. Heart rate variability in individuals with thoracic spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 53, n. 1, p. 59–63, 2015.
- SHETLER, K. et al. Heart rate recovery: Validation and methodologic issues. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 38, n. 7, p. 1980–1987, 2001.
- SHIRAIISHI, Y. et al. Real-time analysis of the heart rate variability during incremental exercise for the detection of the ventilatory threshold. **Journal of the American Heart Association**, v. 7, n. 1, p. 1–12, 2018.
- SHROUT, P. E.; FLEISS, J. L. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420–428, 1979.
- SILVA, F. T. G. et al. Transcranial direct current stimulation on the autonomic modulation and exercise time in individuals with spinal cord injury. A case report. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v. 193, p. 152–155, 2015.
- SILVA, L. G. DA M. et al. Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 4, p. 219–223, 2005.
- SIMÕES, R. P. et al. Use of heart rate variability to estimate lactate threshold in coronary artery disease patients during resistance exercise. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, n. 4, p. 649–657, 2016.
- SOUZA, L. V. DE et al. Cardiac autonomic modulation in healthy subjects with a family history of chronic kidney disease. **Jornal brasileiro de nefrologia : 'orgão oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia**, v. 35, n. 1, p. 42–47, 2013.
- STANLEY, J.; PEAKE, J. M.; BUCHHEIT, M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. **Sports Medicine**, v. 43, n. 12, p. 1259–1277, 2013.
- SWAIN, D. P. et al. Validation of a new method for estimating $\dot{V}O_{2max}$ based on $\dot{V}O_2$ reserve. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 8, p. 1421–1426, 2004.
- TAKAHASHI, M. et al. Control of heart rate variability by cardiac parasympathetic nerve

activity during voluntary static exercise in humans with tetraplegia. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, p. 1669–1677, 2007.

TASK FORCE. Guidelines Heart rate variability. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354–381, 1996.

THAYER, J. F. et al. The association of resting state heart rate variability and 24-hour blood pressure variability in spinal cord injury. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 361, p. 52–59, 2016.

THEISEN, D.; VANLANDEWIJCK, Y. Cardiovascular responses and thermoregulation in individuals with spinal cord injury. **European Bulletin of Adapted Physical Activity**, v. 1, n. 1, p. 3–19, 2002.

TREMBLAY, M. S.; SHEPHARD, R. J.; BRAWLEY, L. R. Research that informs Canada's physical activity guides: an introduction. **Canadian journal of public health. Revue canadienne de santé publique**, v. 98 Suppl 2, 2007.

TULPPO, M. P. et al. Analysis of Heart Rate Dynamics During Exercise. **American Physiological Society**, p. 244–252, 1996.

TULPPO, M. P. et al. Vagal modulation of heart rate during exercise: Effects of age and physical fitness. **Scandinavian Cardiovascular Journal, Supplement**, v. 31, n. 45, p. 12, 1997.

TULPPO, M. P. et al. Sympatho-vagal interaction in the recovery phase of exercise. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 31, n. 4, p. 272–281, 2011.

VAN DEN BERG, M. E. L. et al. Incidence of spinal cord injury worldwide: A systematic review. **Neuroepidemiology**, v. 34, n. 3, p. 184–192, 2010.

VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.

VANLANDEWIJCK, Y. C.; DALY, D. J.; THEISEN, D. M. Field test evaluation of aerobic, anaerobic, and wheelchair basketball skill performances. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 8, p. 548–554, 1999.

VASCONCELLOS, F. et al. Can Heart Rate Variability be used to Estimate Gas Exchange Threshold in Obese Adolescents? **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 654–660, 2015a.

VASCONCELLOS, F. V. A. et al. Heart rate variability assessment with fingertip photoplethysmography and polar RS800cx as compared with electrocardiography in obese adolescents. **Blood Pressure Monitoring**, v. 20, n. 6, p. 351–360, 2015b.

- WALLÉN, M. B. et al. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 3, p. 1153–1165, 2012.
- WARBURTON, D. E. R.; BREDIN, S. S. D. Health benefits of physical activity: A systematic review of current systematic reviews. **Current Opinion in Cardiology**, v. 32, n. 5, p. 541–556, 2017.
- WASSERMAN, K. et al. Anaerobic Threshold and Respiratory Gas Exchange During Exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236–43, 1973.
- WASSERMAN, K. et al. **Principles of Exercise Test and Interpretation**. 4th. ed. Baltimore: [s.n.].
- WASSERMAN, K. et al. **Prova de Esforço: princípios e interpretação**. 3ª ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- WATANABE, J. et al. Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: The case of stress echocardiography. **Circulation**, v. 104, n. 16, p. 1911–1916, 2001.
- WECHT, J. M. et al. Cardiac autonomic responses to progressive head-up tilt in individuals with paraplegia. **Clinical Autonomic Research**, v. 13, n. 6, p. 433–438, 2003.
- WECHT, J. M. et al. Autonomic recovery from peak arm exercise in fit and unfit individuals with paraplegia. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 7, p. 1223–1228, 2006.
- WEIPPERT, M. et al. Comparison of three mobile devices for measuring R – R intervals and heart rate variability : Polar S810i , Suunto t6 and an ambulatory ECG system Comparison of three mobile devices for measuring R – R intervals and heart rate variability : Polar S810i ,. **Eur J Appl Physiol**, v. 109, n. 4, p. 779–786, 2010.
- WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the sem. **J Strength Cond Res**, v. 19, n. 1, p. 231–240, 2005.
- WEN, H. et al. The impact of body mass index on one-year mortality after spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1–9, 2019.
- WEST, C. R. et al. Resting cardiopulmonary function in paralympic athletes with cervical spinal cord injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 2, p. 323–329, 2012.
- WHO. International perspectives on spinal cord injury. **Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation**, v. 16, p. 99–100, 2013.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World Report on Disability**. Disponível em:

<www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html%0A<http://www.larchetoronto.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/01/launch-of-World-Report-on-Disability-Jan-27-121.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

YAMAMOTO, K. et al. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 9, p. 1496–1502, 2001.

YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R. L.; PETERSON, J. C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **Journal of Applied Physiology**, v. 71, n. 3, p. 1136–1142, 1991.

YAZICIOGLU, K. et al. Influence of adapted sports on quality of life and life satisfaction in sport participants and non-sport participants with physical disabilities. **Disability and Health Journal**, v. 5, n. 4, p. 249–253, 2012.

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação

PROJETO: Controle autonômico cardíaco sob condições de repouso, exercício e pós-exercício em indivíduos com lesão medular: um estudo observacional do tipo seccional

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Este documento lhe dará informações e pedirá o seu consentimento para participar voluntariamente de uma pesquisa desenvolvida pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM. Pedimos que leia com atenção as informações a seguir antes de dar seu consentimento.

A prática de exercício físico entre pessoas com deficiência física é de suma importância para amenizar as consequências negativas relativas à saúde, melhorar a autoestima, além de proporcionar uma maior inserção social.

A presente pesquisa tem como principal objetivo avaliar o padrão das respostas dos sistemas nervoso e cardiorrespiratório no repouso, durante e após um exercício máximo, analisando o funcionamento integrado dos músculos, do coração e dos pulmões e na composição corporal (gordura e músculos) de pessoas com deficiência. A coleta das informações necessárias para essa pesquisa ocorrerá nas dependências da UNISUAM e será sempre realizada por um dos pesquisadores envolvidos na pesquisa.

Inicialmente, você preencherá um questionário que conterà perguntas gerais (por exemplo, sua idade, se você fuma, entre outras), perguntas sobre a sua deficiência (qual o tipo

e tempo de lesão, se você sente dor) e perguntas sobre a sua rotina exercícios (se você pratica algum esporte, quando você começou, quantas vezes você pratica por semana).

Em um segundo momento, serão feitas as medidas da sua composição corporal, ou seja, do seu peso, da sua altura e da quantidade de gordura em alguns pontos do corpo. Todas as medidas serão feitas de forma não-invasiva.

O funcionamento do coração, dos músculos e dos pulmões em repouso e na recuperação será avaliado com o paciente sentado em uma cadeira. E durante esforço físico (exercício) através de um teste cardiopulmonar de esforço, que consiste em caminhar em uma esteira ergométrica ou pedalar em uma bicicleta ergométrica ou ainda movimentar os braços em uma bicicleta para os braços, com o aumento progressivo do esforço. Os batimentos cardíacos serão captados por eletrodos colados no peito (material semelhante a uma fita adesiva) e um monitor cardíaco. A respiração será captada por um bocal (equipamento de borracha colocado na boca). Também será colocado um clipe no nariz, fazendo com que a respiração seja feita somente pela boca durante todo o teste. Durante o teste, é normal sentir o ressecamento da boca e cansaço nas pernas ou nos braços. Podem ocorrer alterações dos batimentos cardíacos (palpitações), aumento da pressão arterial e dores no peito. Nesses casos, o avaliador suspenderá imediatamente a realização do teste e prestará os cuidados emergenciais necessários. Esse teste será realizado com supervisão de um médico cardiologista e com duração prevista de 8 a 12 minutos.

A sua participação no estudo trará como benefício o conhecimento de como está o funcionamento do coração, dos pulmões e dos músculos durante o esforço físico, além da quantidade de gordura corporal. Caso sejam identificadas alterações significativas em quaisquer avaliações realizadas, você será instruído a buscar orientação médica especializada.

Esclarecemos que não haverá qualquer risco físico, psíquico ou moral decorrente de sua participação na pesquisa, seja por quaisquer medidas realizadas. Também ressaltamos que não haverá remuneração ou recompensa de qualquer espécie para a sua participação na pesquisa. Você terá o direito de pedir outros esclarecimentos sobre a pesquisa e poderá se recusar a participar ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem que isso lhe traga qualquer tipo prejuízo.

Comitê de Ética em Pesquisa: Av. Paris 84, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, (21) 3882-9797 ramal 2015, e-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br

As informações que serão coletadas, bem como os resultados da pesquisa serão apresentadas em eventos científicos da área e divulgadas em revistas científicas especializadas. Garantimos que o anonimato de todos os participantes será resguardado.

Quaisquer dúvidas sobre a pesquisa poderão ser sanadas com o pesquisador responsável: Pablo Oliveira, aluno de doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação – UNISUAM; Telefone: (21) 97655-3779. E-mail: pablo_oliveira@ymail.com.

Caso você tenha alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UNISUAM. Praça das Nações, 34. Telefone: (21) 3868-5063. E-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br

Declaro estar ciente das informações deste termo de consentimento livre e esclarecido e concordo em participar desta pesquisa.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 20__.

Nome do Participante: _____

Assinatura do Participante: _____

Nome do Coordenador da Pesquisa: _____

Assinatura do Coordenador da Pesquisa: _____

Apêndice 2 – Questionário para caracterização da amostra e deficiência

Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação

PROJETO: Controle autonômico cardíaco sob condições de repouso, exercício e pós-exercício em indivíduos com lesão medular: um estudo observacional do tipo seccional

QUESTIONÁRIO PARA A CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E DEFICIÊNCIA

FÍSICA

GRUPO: _____

TIME: _____

Data: ____/____/____.

Preenchido por: _____

Nome: _____

Data de Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

Peso: _____ Kg Estatura: _____ m

PA repouso: ____/____. FC repouso: ____ bpm.

Tabagista:

() Não

() Ex

() Sim

_____ Anos _____ cigarros/ dia

1- Possui alguma doença congênita?

() Não

() Sim

Qual? _____

2- Quanto à deficiência física?

() Não

() Sim

Tipo de lesão: _____

Ano da lesão: _____

Causa da lesão: _____

3- Grau de Escolaridade:

() Analfabeto

() Fundamental incompleto

() Fundamental completo

() Médio incompleto

() Médio completo

() Superior incompleto

() Superior completo

4- Estuda?

() Não

() Sim

Curso: _____

5- Trabalha?

() Não

() Sim

Ocupação: _____

6- Apresenta escaras?

() Não

() Sim

Local: _____

7- Doenças associadas?

() Diabetes Mellitus

() HAS

() Dislipidemias

() Problemas ósseos

() Dor fantasma

Outros: _____

8- Uso de medicamentos:

() Não

() Sim

Quais? _____

9- Apresenta algum distúrbio gastrointestinal?

() Não

() Sim

Qual: _____

10- Faz uso de algum suplemento?

() Não

() Sim

Tipo de Suplemento: _____

Finalidade: _____

Indicação: _____

Dosagem: _____

11- Quais as refeições que você realiza diariamente?

Desjejum

Colação

Almoço

Lanche

Jantar

Ceia

12- Ingestão Alcoólica?

Não

Sim

13- Atualmente você está?

Ganhando peso

Perdendo peso

Estável

14- Horas de sono? _____ horas/dia

15- Horas na cadeira de rodas? _____ horas/dia ou _____ horas/semana.

Apêndice 3 – Questionário para caracterização do treinamento desportivo

Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação

PROJETO: Controle autonômico cardíaco sob condições de repouso, exercício e pós-exercício em indivíduos com lesão medular: um estudo observacional do tipo seccional

QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO TREINAMENTO DESPORTIVO

GRUPO: _____ **TIME:** _____

CLASSIFICAÇÃO RCR: _____

01- Praticava algum esporte antes da deficiência?

() Não

() Sim

Qual? _____

Durante quanto tempo? _____

02- Rugby em Cadeira de Rodas.

Pratica há quanto tempo? _____

Posição em que joga? _____

Frequência de treino? _____/semana

Turno: () manhã: ___min () tarde: ___min () noite: ___min

Ganhou alguma competição?

() Não

() Sim

Qual? _____

Melhor resultado ao longo da carreira? _____

03- Você disputa competições a nível:

Regional

Nacional

Internacional

04- Está se recuperando de alguma lesão?

Não

Sim

Qual? _____

Anexo 1 – Questionário Internacional de Atividade Física

Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação

PROJETO: Controle autonômico cardíaco sob condições de repouso, exercício e pós-exercício em indivíduos com lesão medular: um estudo observacional do tipo seccional

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO CURTA

Nome: _____

Data: ____/____/____ Idade : ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender quão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo.

Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal.
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10

minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades

por dia?

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV.

Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana?**

_____ horas ____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana?**

_____ horas ____ minutos

PERGUNTA SOMENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

5. Você já ouviu falar do Programa Agita São Paulo? () Sim () Não

6.. Você sabe o objetivo do Programa? () Sim () Não

Anexo 2 – Classificação do Nível de Atividade Física

Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação

PROJETO: Controle autonômico cardíaco sob condições de repouso, exercício e pós-exercício em indivíduos com lesão medular: um estudo observacional do tipo seccional

CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA IPAQ

1. MUITO ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão
- b) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão + MODERADA e/ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão.

2. ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão; ou
- b) MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão; ou
- c) Qualquer atividade somada: ≥ 5 dias/sem e ≥ 150 minutos/sem (caminhada + moderada + vigorosa).

3. IRREGULARMENTE ATIVO: aquele que realiza atividade física porém insuficiente para ser classificado como ativo pois não cumpre as recomendações quanto à frequência ou duração.

Para realizar essa classificação soma-se a frequência e a duração dos diferentes tipos de atividades (caminhada + moderada + vigorosa). Este grupo foi dividido em dois sub-grupos de acordo com o cumprimento ou não de alguns dos critérios de recomendação:

IRREGULARMENTE ATIVO A: aquele que atinge pelo menos um dos critérios da recomendação quanto à frequência ou quanto à duração da atividade:

a) Frequência: 5 dias /semana ou

b) Duração: 150 min / semana

IRREGULARMENTE ATIVO B: aquele que não atingiu nenhum dos critérios da recomendação quanto à frequência nem quanto à duração.

4. SEDENTÁRIO: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

Exemplos:

| Indivíduos | Caminhada | | Moderada | | Vigorosa | | Classificação |
|------------|-----------|----|----------|----|----------|----|---------------------------|
| | F | D | F | D | F | D | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | Sedentário |
| 2 | 4 | 20 | 1 | 30 | - | - | Irregularmente Ativo A |
| 3 | 3 | 30 | - | - | - | - | Irregularmente Ativo B |
| 4 | 3 | 20 | 3 | 20 | 1 | 30 | Ativo |
| 5 | 5 | 45 | - | - | - | - | Ativo |
| 6 | 3 | 30 | 3 | 30 | 3 | 20 | Muito Ativo |
| 7 | - | - | - | - | 5 | 30 | Muito Ativo |

F = Frequência – D = Duração

CENTRO COORDENADOR DO IPAQ NO BRASIL– CELAFISCS -
INFORMAÇÕES ANÁLISE, CLASSIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS NO
BRASIL

Tel-Fax: – 011-42298980 ou 42299643. E-mail: celafiscs@celafiscs.com.br

Home Page: www.celafiscs.com.br IPAQ Internacional: www.ipaq.ki.se

Anexo 3 – Certificado de submissão e aprovação do projeto do estudo ao Comitê de Ética em Pesquisa da UNISUAM



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CONTROLE AUTONÔMICO CARDÍACO SOB CONDIÇÕES DE REPOUSO, EXERCÍCIO E PÓS-EXERCÍCIO EM INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR: UM ESTUDO OBSERVACIONAL DO TIPO SECCIONAL

Pesquisador: Pablo Rodrigo de Oliveira Silva

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 37041520.4.0000.5235

Instituição Proponente: SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.266.825

Apresentação do Projeto:

Pessoas com lesão medular (LM), sobretudo alta (primeiras vértebras torácicas e cervical), apresentam alterações no controle autonômico cardíaco resultando, por exemplo, em menor frequência cardíaca máxima e instabilidade da pressão arterial sistólica durante esforço. A prática esportiva é uma intervenção crescente entre pessoas com LM, com objetivos que vão desde à reabilitação ao alto rendimento, e proporcionam adaptações crônicas importantes em diversos sistemas, incluindo o cardiovascular. O melhor conhecimento dos aspectos fisiológicos e físicos de atletas com LM é fundamental para a estruturação mais adequada da rotina de treinamento, para a obtenção de melhores resultados. Nesse contexto, o presente estudo pretende avaliar o controle autonômico cardíaco em repouso, durante um teste de esforço progressivo máximo e imediatamente após o esforço em atletas com LM, comparando-os com indivíduos sem LM. Para tanto, participarão deste estudo seccional indivíduos com lesão medular e um grupo de indivíduos sem LM (grupo controle).

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo geral da pesquisa é Avaliar o controle autonômico cardíaco em repouso, durante o teste cardiopulmonar de esforço máximo e imediatamente após o esforço de indivíduos com LM. Para tanto, pretende-se comparar o controle autonômico cardíaco em repouso, durante o esforço e imediatamente após o esforço, por meio de índices da VFC de indivíduos com

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)

Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.041-010

UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9797

E-mail: comitedeetica@souunisuum.com.br



Continuação do Parecer: 4.266.825

LM e indivíduos fisicamente ativos sem LM, além de investigar se existe concordância entre o primeiro limiar ventilatório, obtido por meio do teste de esforço cardiopulmonar máximo e o LiVFC obtido por meio do letrocardiograma em pessoas com LM. Por fim, investigar a validade entre o eletrocardiograma e o cardiofrequencímetro para identificar o LiVFC, além de investigar a relação entre os índices da VFC em repouso com a reativação parassimpática após teste de esforço cardiopulmonar máximo em pessoas com LM.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Com relação aos Riscos, os pesquisadores apontam que a realização do teste cardiopulmonar de esforço de característica progressiva e máxima oferece riscos semelhantes àqueles relacionados à prática de qualquer exercício físico, uma vez que impõe uma sobrecarga cardíaca maior que as condições de repouso. Esses riscos foram considerados muito baixos pelos pesquisadores (o risco de complicações graves como por exemplo infarto, arritmias e parada cardíaca é menor do que 1 para cada 20.000 testes realizados). Para garantir uma pesquisa com risco diminuído, propôs-se a presença de um suporte médico, material de emergência e equipamentos adequados no caso de intercorrências. Além deste último, por consistir em teste de esforço máximo, pode haver um desconforto físico inerente a esta prática, que diminuirá nas horas seguintes à realização do teste.

Com relação aos Benefícios, os pesquisadores apontam que se relacionam ao conhecimento de parâmetros relativos à saúde cardiorrespiratória e preditores de mortalidade cardiovascular. Assim, caso sejam identificadas alterações nesses parâmetros, os participantes poderão ser orientados à buscar auxílio médico, além de serem orientados quanto à adoção de hábitos saudáveis de vida, como a prática de exercícios físicos. Em relação aos atletas, as informações também são relevantes para o auxílio na preparação física das equipes de modo a se obter uma melhor condição cardiorrespiratória.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

SOBRE O PROJETO

1. A folha de rosto está devidamente preenchida
2. Existe identificação do pesquisador responsável
3. O título do projeto é claro e objetivo
4. Há embasamento científico que justifique a pesquisa
5. O objetivo geral está bem definido
6. No material e métodos existe explicação clara dos exames e testes que serão realizados, bem

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)

Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.041-010

UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9797

E-mail: comitedeetica@souunisiam.com.br



Continuação do Parecer: 4.266.825

como a devida justificativa

7. Existe cálculo do tamanho da amostra e justificativa do tamanho definido
8. Há critérios de inclusão e exclusão bem definidos
9. A forma de recrutamento dos sujeitos está clara
10. Há análise crítica de risco/benefícios
11. Há explicitação de responsabilidade do pesquisador e da Instituição, a Carta de anuência apresentada é a própria folha de rosto e, esta está devidamente preenchida
12. Existem critérios para suspensão da pesquisa
13. Há orçamento financeiro com detalhamento superficial
14. O local de realização das etapas está bem definido
15. Há compromisso de tornar público os resultados
16. Os esclarecimentos acerca de valor de ressarcimento são claros
17. Há garantia de acesso aos dados do pesquisador/instituição e forma de garantir a privacidade
18. O cronograma de execução é adequado

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

SOBRE O TCLE:

1. O título do projeto está abaixo do título da folha
2. A linguagem é acessível
3. Possui uma breve introdução incluindo a justificativa do projeto com objetivos bem definidos
4. Expõe e explica os procedimentos que serão realizados
5. Cita os possíveis desconfortos e riscos previstos em relação aos procedimentos
6. Cita os benefícios esperados
7. Tem garantia de esclarecimento a qualquer momento
8. Explica a forma de recusa em participar do projeto, sem prejuízo para o tratamento
9. Traz garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso aos resultados
10. Traz compromisso de divulgação dos resultados em meio científico
11. Faz referência a forma de ressarcimento de despesas
12. Existe explicação de que os resultados dos exames e/ou dados da pesquisa serão de responsabilidade dos pesquisadores
13. Informa o nome dos responsáveis e o telefone e endereço (pessoal ou profissional) para contato em caso de necessidade

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.041-010

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9797

E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br



Continuação do Parecer: 4.266.825

14. Não informa o contato do comitê de ética (endereço e email ou telefone).

15. Traz espaço para o nome do paciente e do responsável, além do espaço para as assinaturas

Recomendações:

No TCLE, informar o contato do comitê de ética (endereço e email ou telefone)

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto está aprovado. Cabe ressaltar que o pesquisador se compromete em anexar na Plataforma Brasil um relatório ao final da realização da pesquisa. Pedimos a gentileza de utilizar o modelo de relatório final que se encontra na página eletrônica do CEP-UNISUAM (<https://www.unisuam.edu.br/pesquisa-extensao-e-inova/pesquisa-e-inovacao/>). Além disso, em caso de evento adverso, cabe ao pesquisador relatar, também através da Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|--|------------------------|---------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_852988.pdf | 06/07/2020 11:36:27 | | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | Projeto_Pesquisa.docx | 06/07/2020 11:33:50 | Pablo Rodrigo de Oliveira Silva | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE.pdf | 04/07/2020 11:34:28 | Pablo Rodrigo de Oliveira Silva | Aceito |
| Folha de Rosto | folhaDeRosto.pdf | 04/07/2020 11:34:06 | Pablo Rodrigo de Oliveira Silva | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)
Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.041-010
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9797 **E-mail:** comitedeetica@souunuam.com.br



Continuação do Parecer: 4.266.825

RIO DE JANEIRO, 09 de Setembro de 2020

Assinado por:
Igor Ramathur Telles de Jesus
(Coordenador(a))